

Complexo eletrônico: displays e nanotecnologia

Regina Maria Vinhais Gutierrez, Dulce Corrêa Monteiro Filha,
Irecê Fraga Kauss e Márcio José de Oliveira

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

COMPLEXO ELETRÔNICO: DISPLAYS E NANOTECNOLOGIA

**Regina Maria Vinhais Gutierrez
Dulce Corrêa Monteiro Filha
Irecê Fraga Kauss
Márcio José de Oliveira***

** Respectivamente, gerente, economista e engenheiros do Departamento de Indústria Eletrônica do BNDES. Os autores agradecem, especialmente, a colaboração das estagiárias de engenharia Maria Fernanda Silva Restier e Priscila Marques do Couto. Agradecem, também, a Maria Célia Ramalho Pinto Guedes e ao bibliotecário Arthur Adolfo Guarido Garbayo, do Centro de Pesquisa de Informações e Dados do BNDES, ao Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA), ao Instituto Genius e às empresas Philips e Semp Toshiba.*

COMPLEXO ELETRÔNICO

Resumo

Os displays, também chamados de mostradores eletrônicos de informação, destacam-se como um dos componentes eletrônicos mais conhecidos. Nos últimos anos, têm passado por uma profunda transformação tecnológica, que expande o seu uso tanto em telas grandes quanto em diversas novas aplicações. Contudo, no Brasil, essa expansão vem sendo feita à custa da importação, principalmente, de displays de cristal líquido.

Novas tecnologias substitutas desse tipo de display começam a surgir no mundo, ainda em estágio laboratorial. As mais promissoras usam materiais e processos nanométricos, colocando no foco das atenções a nanotecnologia e os trabalhos que grupos brasileiros de pesquisadores desenvolvem.

Este artigo aborda as atuais tecnologias de displays, seus mercados (estudados em relação aos principais mercados demandantes) e as novas oportunidades que se abrem para o Brasil, no curto e no longo prazos.

Introdução

Os *displays* ou mostradores eletrônicos de informação são hoje um dos componentes eletrônicos mais comumente encontrados. Integram praticamente todos os bens eletrônicos e, também, produtos de outros setores, como máquinas industriais e aparelhos eletromédicos, além de mostradores públicos.

O *display* passa por uma profunda transformação tecnológica, principalmente em função da adoção do *Display* de Cristal Líquido (*Liquid Crystal Display* – LCD) em pequenas e, a seguir, grandes telas. A aceitação do LCD em segmentos nos quais o cinescópio era absoluto, como o de televisores, vem deslocando a tecnologia tradicional.

No Brasil, a competição dos bens eletrônicos de consumo importados já fez desaparecer a fabricação local de diversos produtos. O caso dos televisores parecia ser exceção, porque o volume e o peso da tela – cinescópio – a ser transportada não compensavam o custo da sua importação. Entretanto, a substituição da tecnologia tradicional por telas de LCD finas e leves, não fabricadas no país, está fazendo cair esse argumento.

O tamanho dos mercados brasileiros de televisores e de monitores, em 2005, de 9,3 milhões e 4,7 milhões de unidades, respectivamente, demonstra o potencial de impacto que a importação desse componente pode representar para a Balança Comercial, a médio prazo. Além disso, a presença do LCD em um grande número de dispositivos portáteis de produção em massa, como celulares, faz com que o *display* seja, atualmente, o segundo componente eletrônico mais importado pelo país – atrás apenas do circuito integrado. Em 2005, o LCD, de pequenas e grandes dimensões, foi responsável por um déficit de US\$ 537 milhões.

Entretanto, essa primazia do LCD entre as novas tecnologias para telas tornou-se objeto de estudo em todo o mundo. Ela ainda é uma tecnologia com questões pendentes e, principalmente, cara, quando se trata de telas grandes. Por essa razão, a pesquisa de novas tecnologias e dispositivos de *displays* é intensa, subsidiada tanto por governos quanto por indústrias.

As tecnologias mais promissoras fazem uso de materiais e processos nanométricos, colocando a nanotecnologia no foco das atenções. Foi por esse motivo que o governo federal, ao lançar sua Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE),

incluiu a nanotecnologia como um dos setores prioritários por ser portador de futuro.

As novas tecnologias para *displays* baseadas em nanotecnologia constituem uma oportunidade para que o Brasil conte com uma indústria de componentes modernos, adensando e enraizando a cadeia produtiva eletrônica no país. Essa oportunidade dá-se em *displays* de grandes e de pequenas dimensões, estudados neste trabalho em sua relação com os principais mercados demandantes – televisores, monitores e celulares. Além disso, a presença do Brasil nesses mercados mundiais possui relativa importância, o que torna oportuna a discussão de ações visando solucionar a defasagem tecnológica na produção interna de displays.

Contudo, não são desprezados os novos mercados e as aplicações de nicho: a utilização de *displays* em painéis automotivos apresenta paulatino incremento de demanda, com tendência de desenvolvimento de soluções particulares e inovadoras, diante das peculiaridades da aplicação (temperaturas elevadas, trepidação, ergonomia) e das sofisticações agregadas aos veículos.

Assim, o artigo inicialmente define nanotecnologia e mostra os avanços que o Brasil já fez nessa área. A seguir, são apresentadas as principais tecnologias em uso, no passado e sua evolução. Posteriormente, com base nas análises dos principais mercados de bens finais, é realizada a apreciação do mercado de *displays* no mundo e no Brasil. Finalmente, discutem-se as pesquisas em andamento e as oportunidades que hoje se apresentam para o país, no curto e no longo prazos.

Nanotecnologia

Em 1959, em uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia, o físico Richard Feynman sugeriu que os átomos poderiam ser organizados, conforme a necessidade, desde que não houvesse violações às leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades inteiramente novas poderiam ser criados. Essa palestra foi considerada o marco inicial da nanotecnologia.

O objetivo da nanotecnologia, de acordo com a proposta de Feynman, é criar materiais e desenvolver produtos e processos baseados na capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas. Nanotecnologia não é uma tecnologia específica, mas todo um conjunto de técnicas baseadas na Física, Química, Biologia, na Ciência e Engenharia de Materiais e na Computação, que visam estender a capacidade humana de manipular a matéria até os limites do átomo.

Um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro (10^{-9} m) e um átomo tem cerca de um centésimo de bilionésimo de metro

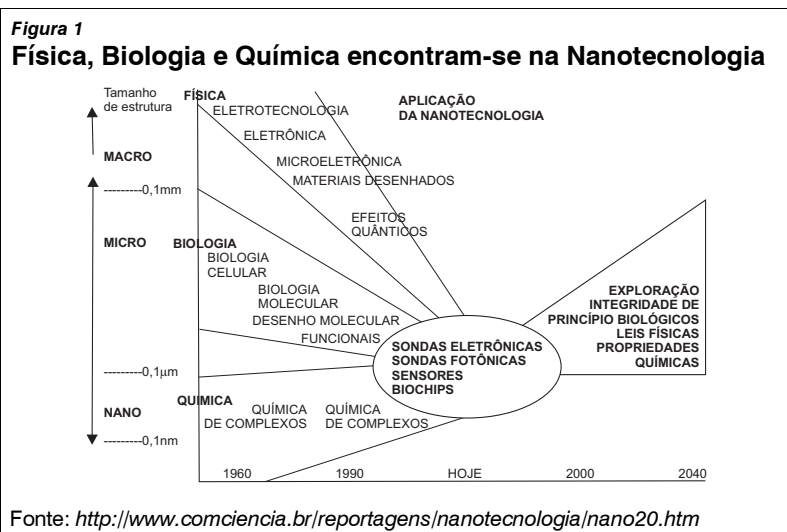
(10^{-11} m). Para se ter uma idéia, um nanômetro está para um metro assim como um grão de areia está para uma grande praia indo de Salvador (BA) a Natal (RN), e um fio de cabelo possui diâmetro de 100 mil nm (nanômetros).

O desenvolvimento dos microscópios de tunelamento, de força atômica e de campo próximo, permitiu avanços na pesquisa de manufatura molecular e atômica. Em 1989, a IBM conseguiu escrever com átomos de xenônio sua marca em uma placa de níquel, um primeiro passo previsto por Feynman, na década de 1950.

De acordo com documentos da American-European and the APEC Center for Technology Foresight, a nanotecnologia beneficiou todas as áreas científicas conhecidas hoje. A Figura 1 demonstra como a ciência evoluiu ao longo das décadas.

Em 2006, estimam-se vendas associadas ao mercado de nanotecnologia em torno de US\$ 80 bilhões, sendo 30% associadas a nanomateriais; 27%, a nanoferramentas; 25%, a nanoeletrônica; 9%, a nanocamadas; 8%, a nanoótica – incluindo LCDs, *Light-Emitting Diodes* (LEDs), *Organic Light-Emitting Diodes* (OLEDs), que serão detalhados no capítulo seguinte, e óptica ultraprecisa – e 1%, a nanobiotecnologia.

Na eletrônica, a nanotecnologia tem sido empregada em *displays* de telefonia celular e computadores, nos quais LEDs orgânicos estão sendo produzidos usando finas camadas de filmes feitos com nanoestruturas. A maioria dos discos rígidos de computadores também está utilizando uma combinação de mídia com nanoestruturas e uma cabeça de leitura feita de magnetoresistência gigante (*magnetoresistive material* – GMR), cujo nome deriva da história a seguir.



Em 1988, pesquisadores usaram estruturas formadas por sanduíches de ferro “recheados” com uma camada de três átomos de cromo e mediram a resistência elétrica do sistema para diferentes campos magnéticos aplicados. Quando as camadas de fora do sanduíche estão com alinhamento magnético contrário um ao outro, o dispositivo tem resistência elétrica alta. Entretanto, quando o alinhamento é paralelo, a resistência é menor, da ordem da metade da configuração anterior (50%). Até então, uma variação máxima de cerca de 3% na resistência elétrica era conhecida e, portanto, o fenômeno ganhou o adjetivo “gigante”. Hoje, esse material é utilizado na enorme maioria dos cabeçotes de leitura dos discos rígidos de computadores e uma nova área da Física, conhecida como eletrônica de *spin*, ou spintrônica, desenvolve-se com base nessa descoberta.

Em relação aos semicondutores, para que haja um contínuo aumento da capacidade de processamento dos *chips*, a nanotecnologia deverá ser utilizada, segundo o International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS). Os espaços diminutos que separam as vias condutoras de corrente dentro dos *chips* estão ficando tão pequenos (numa distância de poucos átomos) que os elétrons passam a transitar por eles, afetando a performance dos *chips* e gerando calor tão grande que pode derretê-los. Uma boa alternativa para a nova geração de semicondutores poderiam ser os nanotubos de carbono por causa da sua estrutura e condutividade.

Para se descrever corretamente o comportamento desses materiais, as leis da Mecânica Quântica deverão ser aplicadas, implicando várias inovações. Como exemplo, cada bit de um computador clássico só pode ter dois valores (0 ou 1) mutuamente exclusivos. Entretanto, na Mecânica Quântica, cada bit pode adquirir também os dois valores ao mesmo tempo (0 e 1). Essa propriedade é chamada superposição dos estados quânticos, já foi demonstrada em laboratório e representa ganhos de velocidade de processamento, pois todas as seqüências de bits possíveis em um computador poderiam ser manipuladas simultaneamente.

Nanotecnologia no Brasil

O Brasil também tem investimentos em projetos na área de nanotecnologia e a melhor infra-estrutura de pesquisa da América Latina. Na esfera acadêmica e de governo, o país conta com uma série de institutos capacitados para pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia e *displays*, como o Laboratório de Luz Síncrotron (LNLS), o Instituto do Milênio de Materiais Poliméricos, o Instituto de Macromoléculas da UFRJ e outros.

O LNLS foi criado em julho de 1997 e é, hoje, um complexo de laboratórios para a pesquisa da luz síncrotron. Há ainda vários laboratórios complementares: o Laboratório de Microscopia Eletrôni-

ca (LME), o Laboratório de Microscopia de Tunelamento e Força Atômica (MTA), o Centro de Biologia Molecular Estrutural (CeBiME) e o Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) no Instituto de Química da Unicamp. O complexo de laboratórios opera como um centro nacional aberto e sua infra-estrutura pode ser utilizada por qualquer pesquisador. O LNLS tem uma equipe pequena de pesquisadores próprios que são responsáveis pelos equipamentos, dão apoio a usuários externos e desenvolvem programas de pesquisa. Cerca de 90% dos pesquisadores que utilizam o LNLS são de outras instituições.

Em 2000, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) elaborou o Programa Nacional de Nanociências e Nanotecnologia, que identificou todos os pesquisadores que trabalhavam na área, naquela época. O Programa procurava traçar um plano de ação e definir os rumos da tecnologia no país e segmentos prioritários.

Em 2002, foram formadas quatro grandes redes incentivadas pelo CNPq – materiais nanoestruturados; nanotecnologia molecular e interfaces; nanobiotecnologia; e nanodispositivos semicondutores e materiais nanoestruturados –, envolvendo cerca de quarenta instituições brasileiras, seis instituições no exterior e duas empresas privadas – France Telecom e a brasileira Ponto Quântico Sensores e Densímetros (PQSD). O Ministério da Ciência e Tecnologia criou ainda o Instituto do Milênio em Nanotecnologia, em janeiro de 2002, formado por pesquisadores de 21 instituições. As redes de pesquisa em nanotecnologia tinham perfil acadêmico e não havia, no país, sistema organizado para transformar resultados de pesquisa e desenvolvimento em produtos.

Em 2004, a nanotecnologia foi escolhida como um dos setores portadores de futuro, quando do lançamento da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), do governo federal. O Grupo de Trabalho, que o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) havia constituído em 2003, recomendou um orçamento de cerca de R\$ 80 milhões, ao período entre 2004 e 2007, para projetos de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia. Previu, também, implantar/apoiar a organização de um total de seis redes de nanotecnologia – nanobiotecnologia; nanoanálise e diagnóstico; materiais nanoestruturados e filmes finos; nanometrologia e instrumentação; nanodispositivos e materiais semicondutores; e nanotecnologia molecular e interfaces – e uma série de laboratórios para prestar serviços aos pesquisadores participantes do Programa e também outros usuários.

A área de semicondutores orgânicos como um todo pode ser uma grande oportunidade para o Brasil, com aplicações em *displays* (OLEDs), *printable electronics* (etiquetas inteligentes) e

disposable electronics (conversão fotovoltaica), a despeito de haver problemas tecnológicos a serem ainda resolvidos.

O Brasil tem bons grupos de pesquisa em síntese de materiais (como silício amorfo para a construção de *backplanes*¹). Eles pesquisam a formação dos materiais e a caracterização das suas propriedades mecânicas, ópticas, elétricas e eletromagnéticas. No Estado de Minas Gerais há também pesquisas na caracterização de nanotubos de carbono e outros nanosemicondutores.

O conhecimento em nanotecnologia gera uma oportunidade de o Brasil entrar novamente na cadeia da indústria eletrônica – em componentes –, uma vez que as aplicações nesse setor estão contempladas na pesquisa em nanotecnologia. As barreiras de entrada no segmento ainda são reduzidas, apesar de os riscos tecnológicos serem altos.

Displays: Aspectos Técnicos

Displays são mostradores que exercem função de interface para visualização de informações, sendo parte ou componente de um aparelho ou módulo eletrônico.

Tecnologias Disponíveis no Mercado

Convivem no mercado de *displays* diferentes tecnologias, cada uma apresentando suas peculiaridades e aplicações específicas. Diversas variáveis influenciam na demanda: a portabilidade, as dimensões da tela, as condições de operação (iluminação ambiente e incidente, ângulo de visada, temperatura ambiente etc.), o quanto o consumidor se dispõe a pagar, entre outros aspectos. Já a oferta precisa disponibilizar um produto com tecnologia que alcance, e de preferência supere, as expectativas de seu público alvo, a um preço competitivo. Para isso, precisa ter os custos de produção otimizados, superando os gargalos tecnológicos que se apresentarem e atendendo à rentabilidade estabelecida para o negócio.

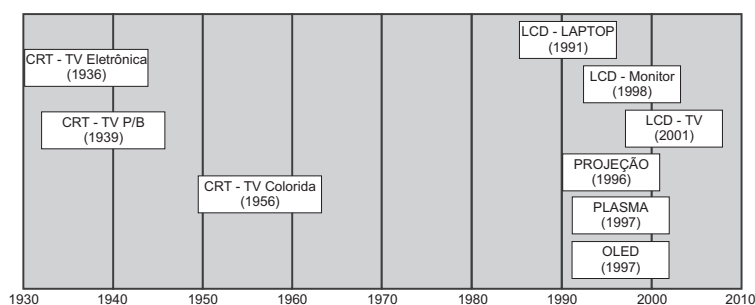
É conveniente estabelecer, para as tecnologias atualmente disponíveis no mercado, uma classificação a mais genérica possível. Nesse sentido, podem-se classificar os *displays* em analógicos, que se utilizam de galvanômetro ou motor de passo, e eletroóticos – LCD, LED, OLED, *Cathode Ray Tube* (CRT), *Plasma Display Pannel* (PDP), *Digital Light Processing* (DLP), *Vacuum-Fluorescent Displays* (VFD), *Heads Up Display* (HUD).

¹Circuitos eletrônicos que fazem o controle da formação da imagem.

O Gráfico 1 mostra as datas de entrada das mais difundidas tecnologias de *displays* (associados a produtos) no mercado.

Gráfico 1

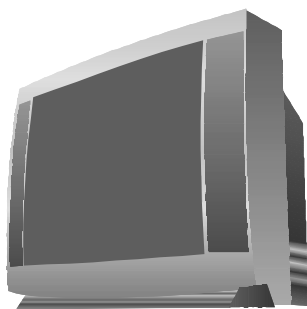
Evolução das Tecnologias de Displays



Fonte: <http://www.tvhistory.tv/1956%20QF.htm> e
http://inventors.about.com/library/inventors/bl_television_timeline.htm

O primeiro tubo de raios catódicos (*Cathode Ray Tube* – CRT) foi inventado, em 1897, pelo cientista alemão Karl Ferdinand Braun. Em 1926, o escocês John Logie Baird foi reconhecido oficialmente como o inventor da televisão, sendo o primeiro televisor eletrônico, baseado no CRT, apresentado pelo laboratório de pesquisas da Radio Corporation of America (RCA), nos Estados Unidos (EUA), em 1932. Somente em 1951, foi comercializado o primeiro televisor CRT produzido no Brasil.

Tubo de Raios Catódicos



O principal componente de um televisor ou de um monitor tradicional é o cinescópio. Ele é composto por um recipiente de vidro de alto vácuo (tubo de raios catódicos), com composição química e propriedades mecânicas específicas, no qual o elemento negativo (canhão de elétrons – catodo) emite um feixe de elétrons que varre o eletrodo positivo (tela – anodo). A tela é revestida internamente por uma camada de fósforo e emite luz ao ser atingida pelo feixe de elétrons. As variações dos parâmetros do feixe de elétrons determinam as variações de luminosidade da tela do CRT e, por consequência, viabilizam a formação de imagens em movimento. Quanto maior

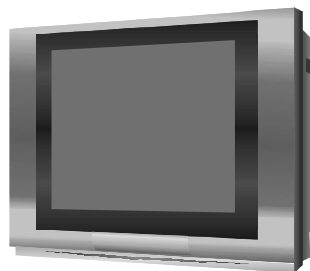
a velocidade de varredura do feixe de elétrons pela tela, melhor a qualidade da imagem gerada pelo CRT. No caso dos televisores de alta definição, verifica-se que a qualidade da imagem está associada mais a essa velocidade do que ao tamanho da tela.

Os primeiros monitores fabricados tinham tela verde e exibiam branco em fundo esverdeado. Em seguida, disponibilizaram-se os monitores preto-e-branco, que exibiam do preto ao branco passando pela escala do cinza. Mais tarde, esses monitores foram substituídos pelos coloridos. É importante observar que o cinescópio para monitores requer maior número de linhas de varredura do que aquele para televisores, fato que representa operação em condições mais rigorosas.

Embora, atualmente, o Brasil possua a maior planta industrial de CRT do mundo, a tecnologia do cinescópio é madura, apresentando pouca inovação e taxa de crescimento em declínio. Por outro lado, existe grande expectativa quanto à possibilidade de ser substituída, a médio prazo, por tecnologias mais avançadas, como a do LCD. No entanto, o preço do produto ainda representa uma grande vantagem competitiva para o CRT.

Tela Plana

Os televisores chamados de Tela Plana, com profundidade aproximadamente igual à diagonal da tela, são na verdade baseados na tecnologia do CRT, embora possuam funcionamento diferenciado e mais complexo do que a convencional. Cabe destacar que *displays* delgados (LCD e plasma) também são denominados Tela Plana, causando muitas vezes confusão para o consumidor.



Cristal Líquido

O *Display* de Cristal Líquido (LCD) teve papel fundamental na evolução das aplicações portáteis. Até o início da década de 1990, o *Light-Emitting Diode* (LED) ocupava papel de destaque nos sistemas analógicos. Contudo, apresentava características técnicas, como o consumo elevado de energia, que acarretaram em drástica redução do seu uso após o surgimento do LCD.

O cristal líquido, contido entre dois vidros paralelos, tem sua estrutura molecular alterada com a passagem de corrente elétrica. No seu estado normal, o cristal líquido é transparente, mas, ao ser percorrido por corrente, torna-se opaco. Inicialmente, os LCDs utilizavam tecnologia na qual eram observados apenas dois estados – transparente/apagado e opaco/ativado –, sendo conhecidos como de matriz passiva. Muitos dos *displays* atuais, monocromáticos, principalmente os de pequenas dimensões, são desse tipo, que é bem mais barato.



Contudo, *displays* mais sofisticados requerem maior número de tonalidades de cinza ou de cores. Isso foi resolvido com o desenvolvimento da tecnologia Thin Film Transistor (TFT), que permitiu que o LCD tivesse também aplicação em telas maiores. Tal LCD, comumente citado de matriz ativa, pois a cada pixel² está associado um transistor, possui maior brilho e resolução, bem como menor tempo de resposta que o de matriz passiva de mesmas dimensões. O LCD de matriz ativa está presente em televisores, monitores de computadores de mesa, telas de *notebooks* e em grande parte de produtos portáteis que dispõem de *displays* de pequenas dimensões.

A tecnologia de LCD viabiliza, no momento, a comercialização de *displays* de até 52" de diagonal.³ A limitação do LCD para aplicações em *displays* de dimensões maiores está associada ao problema de não-uniformidade do cristal líquido ao longo das camadas paralelas de vidro.

Atualmente, os avanços da tecnologia do *display* de LCD buscam a integração dos circuitos de controle, processamento e geração da imagem (*drivers*) ao chassis de vidro do *display*, o qual passaria a ser um sistema completo, a mínimos custos adicionais, prescindindo de circuitos eletrônicos para sua ativação.

O LCD está-se tornando mais fino, mais eficiente, mais barato e com dimensões maiores, embora, em alguns casos, o brilho, a luminosidade e a robustez dos atuais dispositivos sejam características a serem melhoradas. No caso de televisores de grandes

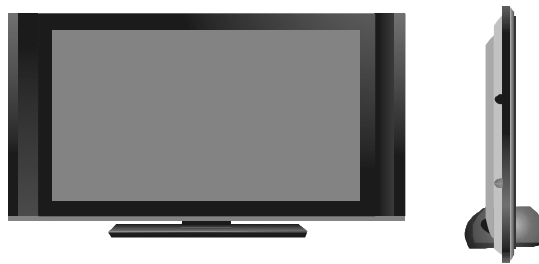
²Abreviação de **pix** (*picture*) **element**, ou seja, ponto da figura.

³É a diagonal que define o tamanho da tela, como em um televisor.

dimensões, o LCD ainda não tem preços competitivos perante o plasma. Entretanto, à medida que suas fábricas ganham escala, o preço final do LCD tende a ser cada vez mais próximo ao do plasma.

Plasma

A tecnologia de plasma – *Plasma Display Pannel* (PDP) – proporciona *displays* com pequena espessura, amplo ângulo de visão e boa saturação de cores. Contudo, é uma tecnologia baseada no fósforo, elemento que se degrada com o tempo, o que conseqüentemente acarreta perda gradativa do brilho, geralmente após 10 mil horas de uso contínuo.



No *display* de plasma estão presentes duas placas de vidro e eletrodos, que são os responsáveis pela aplicação de tensão elétrica em diminutas células geradoras da imagem. Essas células desempenham o mesmo papel de minúsculas lâmpadas fluorescentes (verdes, azuis e vermelhas), sendo formadas por néon, xenônio, hélio e fósforo. Ao receberem descargas elétricas, o néon, o xenônio e o hélio liberam radiação ultravioleta. Essa radiação é responsável pela ativação do fósforo e, por conseguinte, pela formação da imagem.

As cavidades nas quais são depositados os elementos emissores de luz na tecnologia de plasma são trinta vezes maiores que as utilizadas na tecnologia do CRT. Como conseqüência, melhor observação da imagem é obtida a uma distância superior a três metros do *display*. Este fato acarreta a utilização do *display* de plasma, preferencialmente, em ambientes amplos.

Existem televisores de plasma para demonstração com 103" e alta definição. No mercado, já se anuncia a entrada de aparelhos com 80". O aumento da demanda estimula os fabricantes a investir em fábricas maiores e produzir cada vez mais *displays* em um mesmo substrato de vidro, além de procurar melhorar o contraste e nitidez das telas.

O primeiro *display* digital de retroprojeção (projeção traseira) foi lançado em 1997. Atualmente, concorre com as tecnologias de plasma e do LCD para diagonais de dimensões acima de 42". Existem alguns tipos de retroprojetores: os baseados em CRT (CRT DPTV), em LCD, os de Processamento Digital de Luz (*Digital Light Processing* – DLP) e os *Liquid Cristal on Silicon* (LCOS). Estas três últimas tecnologias são usualmente designadas pela sigla genérica MD RPTV (*Micro Display RPTV*).

Projeção

As tecnologias baseadas em CRT e painel LCD trabalham com a ampliação/projeção da imagem gerada por um *display* primário (CRT ou LCD) na tela de um *display* secundário, que é visado pelo observador. Já na tecnologia conhecida por DLP, um microprocessador gera a imagem e controla um conjunto de espelhos que estabelecem a sua projeção. Cabe destacar que a utilização dessa tecnologia não é favorável para exposições em ambientes com muita luz e para visão de ângulos laterais.



Em 2005, foi anunciado o desenvolvimento de CRT de retroprojeção com dois terços da espessura atual para televisores de tela plana. Além de ser mais fino, o novo televisor tem nanopigmentos de cores que aumentam a quantidade de pontos nas extremidades da tela, melhorando as relações de cor e contraste. Há ainda outros desenvolvimentos procurando aumentar o ângulo de deflexão do tubo de raios catódicos de modo a reduzir a profundidade mínima necessária para a formação da imagem.

O *Organic Light-Emitting Diode* (OLED) opera por meio da aplicação de tensão elétrica entre o catodo e o anodo do dispositivo. Entre esses potenciais, existe um dielétrico formado por uma camada de material orgânico emissor de luz que é sensível à tensão aplicada. Quando submetido a uma determinada diferença de potencial, o OLED emite brilho, o qual é proporcional à corrente circulante através do dispositivo. Dependendo da composição química do material orgânico utilizado, a frequência da luz emitida sofre variação, determinando a emissão de cores diferentes.

OLED

Na família de OLED, duas tecnologias destacam-se: a primeira trabalhando com moléculas de dimensões nanométricas de

materiais eletroluminescentes – a *Small Molecules Organic Light Emitting Diode* (SMOLED); a outra, com moléculas maiores de polímeros – a *Polymer Light Emitting Diode* (PLED).

O OLED é caracterizado por apresentar brilho intenso, não requerendo uma fonte de luz para destacar a imagem do fundo (*backlighting*) e, assim, demandando menor consumo de energia. Os OLEDs apresentam excelente contraste, alta velocidade de resposta e grandes ângulos de observação, sendo também mais finos que os atuais LCDs. Contudo, possuem limitações quanto à estabilidade das cores e ao tempo de vida. No atual estágio de evolução da tecnologia do OLED, o tempo de vida útil do dispositivo é de dez mil horas, com expectativas de alcançar a marca de vinte mil horas, em 2007, e quarenta mil horas, em 2010.

O OLED apresenta-se como concorrente do LCD no segmento de *displays* de pequenas dimensões. Desde 2003, estão sendo comercializados alguns modelos de rádios automotivos, de câmeras digitais e de celulares que dispõem dessa tecnologia. A despeito desses lançamentos, observa-se que o tempo médio de vida útil do OLED ainda é problemático, uma vez que o LCD, para as mesmas aplicações, apresenta atualmente 20 mil horas de vida útil.

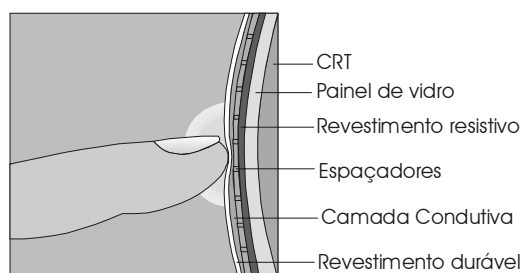
Outras Tecnologias

Existem, ainda, outras tecnologias de *displays* que merecem ser mencionadas:

- O *Light-Emitting Diode* (LED) apresenta baixo consumo de energia, quando comparado às lâmpadas incandescentes, durabilidade quase infinita e alto brilho.
- O *Vacuum-Fluorescent Displays* (VFD) utiliza o fósforo como emissor de luz, quando bombardeado por elétrons energizados, e possui funcionamento similar ao CRT, embora com maior complexidade construtiva. Essa tecnologia tem como vantagem a visibilidade em nível de iluminação ambiente, apresentando, porém, custo mais elevado que o LCD.
- O *Heads Up Display* (HUD) é um dispositivo que reflete informações em um plano na linha de visão do observador (como o pára-brisa de um automóvel), de forma ergonômica e funcional.
- O *Field Emission Display* (FED) possui um funcionamento semelhante ao CRT, no qual moléculas de fósforo aplicadas sobre a tela tornam-se luminescentes pelo impacto de elétrons e geram imagens. Diferencia-se do CRT por ter uma fonte emissora de elétrons para cada *pixel*, o que lhe permite ser delgado e de baixo consumo. Seu estágio atual de desenvolvimento apresenta muitos

problemas ainda pendentes, porém é objeto de um grande número de pesquisas por mostrar-se uma tecnologia muito promissora.

Por fim, cabe destacar a tecnologia *Touch Screen*, baseada em monitores CRT ou LCD, na qual a tela é sensível ao toque, dispensando a utilização de *mouse*, teclado ou outro dispositivo para a ativação de funções/operações. O *Touch Screen* é composto por uma tela de vidro com um revestimento resistivo uniforme. Uma película de material polimérico é firmemente estendida sobre essa tela e dela separada por pequenos espaçadores transparentes e isolantes. A película possui um revestimento durável em sua face externa e um revestimento condutivo na sua face interna. Ao toque na tela, o revestimento condutivo da película de cobertura é pressionado contra o revestimento resistivo do vidro, proporcionando um contato elétrico. Mediante o mapeamento da tela, são estabelecidas áreas de abrangência para os botões de comando cujas imagens são mostradas. O toque na tela, dentro das áreas dos botões de comando, acarreta a execução de operações predefinidas. Estes monitores são amplamente utilizados no sistema bancário, em *shoppings*, restaurantes, lanchonetes, lojas, bibliotecas, universidades e em locais públicos.

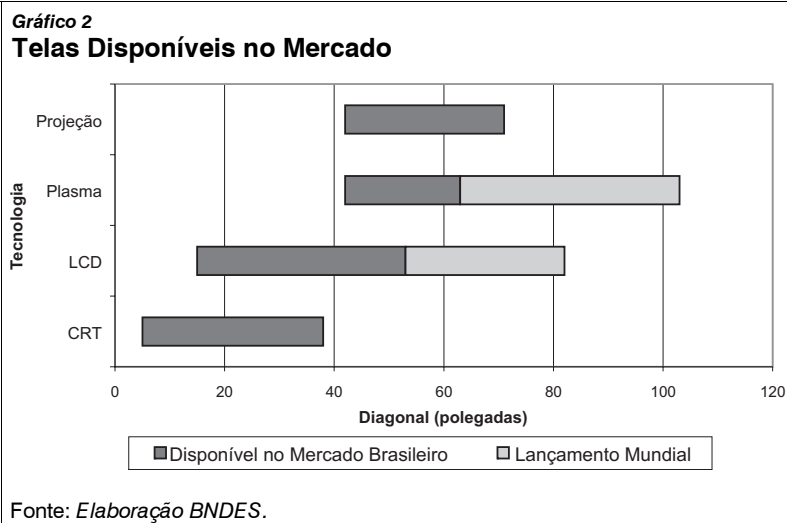


A diversidade de produtos que utilizam *displays* é muito grande, sendo crescente o uso desses componentes em novos nichos de aplicação. Atualmente, estão presentes no mercado *displays* baseados nas tecnologias de CRT, tela plana, LCD, plasma e projeção, cada qual com suas vantagens e desvantagens. Tais características fazem com que uma tecnologia seja mais adequada para determinadas faixas de tamanho (de diagonal), conforme ilustrado no Gráfico 2.

Produtos Disponíveis no Mercado

Os *displays* de grandes dimensões, cujas principais aplicações são os televisores e os monitores, são determinantes do preço dos produtos finais, razão pela qual é importante conhecer as particularidades de cada tecnologia e de que forma o mercado é sensível a elas.

Displays de Grandes Dimensões



Comparação entre LCD e Plasma

As tecnologias de LCD e plasma apresentam algumas similaridades: são telas delgadas (pequena espessura); apresentam consumo de energia elevado para diagonais acima de 45"; e possuem vida útil estimada de 60 mil horas.

No que se refere às diferenças entre essas duas tecnologias, alguns aspectos as distinguem:

- O plasma requer maiores distâncias entre o *display* e o observador;
- O LCD apresenta campo de visão restrito (ângulo de observação);
- O plasma apresenta perda gradativa do brilho após um curto tempo de utilização (10 mil horas);
- O LCD mostra-se mais adequado para ambientes iluminados, enquanto o plasma se apresenta melhor em ambientes com pouca luminosidade;
- Para uma mesma diagonal, o plasma é mais barato que o LCD;
- Atualmente, o plasma é fabricado até 103", enquanto o LCD está limitado a 52".

Televisores

Atualmente, a competição entre as tecnologias de *displays* aplicáveis aos televisores intensifica-se, principalmente com a crescente demanda por televisores de dimensões maiores e alta definição. Contudo, a diferença de preços entre as diferentes tecnologias disponíveis representa um parâmetro significativo na tomada de

Comparação entre CRT e LCD

CRT	LCD
VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Operação com diferentes resoluções, geometrias e relações; • Proporciona o melhor nível de contraste e a melhor definição de preto; • Proporciona as melhores escalas de cinza e de cor disponíveis; • Tempo de resposta rápido sem artifícios de movimento; • Apresenta o menor custo de aquisição, quando comparado aos produtos que utilizam outras tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução fixa, definida no processo de fabricação; • Dificuldade para reprodução de preto e cinza escuro, além de baixo contraste, quando comparado ao CRT; • Saturação baixa para cores de baixa intensidade, além de apresentar escala de cinza irregular; • Tempo de resposta lento acarretando a necessidade de artifícios para evitar comprometimento da imagem, quando da exibição de movimentos rápidos; • Preço elevado quando comparado ao CRT; • Ângulo de visão limitado; • Limite de brilho facilmente ultrapassado, levando à saturação; • Possibilidade de comprometimento de pontos da tela, que ficam permanentemente ativados ou desativados; • Possibilidade de não-uniformidade na iluminação proporcionada pelo <i>backlight</i>.
DESVANTAGENS	VANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Não-uniformidade da nitidez, observada principalmente nos cantos da tela; • Sujeitos à distorção geométrica, motivada por campos magnéticos gerados por outros equipamentos; • Apresenta menor brilho na imagem, quando comparado ao LCD; • Os modelos tradicionais com CRTs apresentam tela convexa, do ponto de vista do observador, embora nos novos modelos estejam sendo utilizadas telas planas; • Tamanho, peso e volume significativamente elevados, quando comparado ao de diagonal similar em LCD; • Geração de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para o meio externo; • <i>Displays</i> coloridos são susceptíveis à interferência, para determinadas cores, na imagem em movimento (efeito de piscar nos objetos com essas cores). 	<ul style="list-style-type: none"> • Nitidez uniforme na resolução natural do painel; • Não apresenta distorção geométrica, não é susceptível a campos magnéticos; • Melhor desempenho do brilho, quando comparado às demais tecnologias disponíveis; • Tela plana; • Telas finas, com pequeno volume e peso; • Geração de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos muito inferiores à do CRT.

Fonte: <http://www.displaymate.com/crts.html> e <http://www.displaymate.com/lcds.html>.

decisão para aquisição de um televisor, o que justifica o atual predomínio das vendas de aparelhos com telas inferiores a 29", segmento em que o CRT é a alternativa mais barata. A partir de 29", outros argumentos, além do preço, passam a ser relevantes – tamanho e qualidade da imagem, peso, volume, consumo de energia etc. –, levando a uma forte competição entre as tecnologias. É importante observar que todas elas proporcionam um tempo de vida útil aos *displays* compatível com o tempo de vida esperado para um televisor, que é superior a dez anos.

Monitores

Os monitores comercializados no mercado brasileiro utilizam as tecnologias de CRT – 15" a 22" – e LCD – 15" a 23".

O consumidor de monitores de LCD é familiarizado com a informática, afeito a novidades e está disposto a pagar mais caro pela redução do espaço ocupado pelo monitor. Para ele, o quesito peso é relevante – o monitor de LCD pode apresentar pouco menos de 20% do peso de um monitor de CRT de mesma diagonal –, justificando a aquisição de um produto (LCD) com custo até cinco vezes superior ao da tecnologia concorrente (CRT), caso o monitor seja movimentado com frequência. A estética tende a ser outro aspecto considerado por esse consumidor, que associa a nova tecnologia a uma imagem de modernidade e dinamismo. Já a potência requerida nem sempre recebe a devida atenção, embora a potência de um monitor de LCD possa corresponder a até 24% da potência de um equivalente em CRT.⁴

⁴Essas informações são baseadas em levantamento de sites brasileiros de vendas de produtos. Foi considerada a amostra de 56 modelos diferentes de monitores, sendo 25 empregando a tecnologia de CRT e 31 de LCD.

No caso dos *notebooks*, as reduções de peso, volume e consumo proporcionadas pelo monitor de LCD acoplado como parte do produto foram fundamentais para viabilizar a criação desse tipo produto.

O consumidor de monitores de CRT ainda é maioria, por ser uma tecnologia disponível de preço mais acessível, devendo permanecer com essa supremacia até que os preços dos monitores de LCD tornem-se competitivos nas diversas faixas de consumidores. Entretanto, observa-se que a taxa de crescimento do consumo de monitores de LCD está-se elevando mais significativamente que a de CRT.

Displays de Pequenas Dimensões

Os *displays* de pequenas dimensões são utilizados em bens com elevada escala de produção, caso típico de terminais celulares, nos quais, em que pese a importância de sua função, não são determinantes do preço do bem final.

No segmento de pequenas dimensões, os *displays* dispõem atualmente de duas tecnologias concorrentes, o LCD e o OLED. O LCD foi a primeira tecnologia adotada e está amplamente disseminada, apesar das limitações de campo de visão. O OLED, resultado de pesquisas mais recentes, mostra-se uma alternativa promissora e vem ganhando mercados em que a vida útil dos aparelhos é menor (cerca de três anos), pois ainda apresenta problemas tecnológicos a serem solucionados.

Celulares

O consumidor de celulares é ávido por novidades, tendo ao longo dos últimos anos buscado aparelhos compactos com o máximo de recursos disponíveis. Câmera fotográfica, *Bluetooth*, MP3, toques polifônicos, acesso a recursos de Internet são fatores considerados na escolha do produto a ser adquirido. A relativa redução de preço dos aparelhos e o aumento da sua disponibilidade, acarretando maiores escalas, faz crer que, a médio prazo, os visores monocromáticos de LCD serão substituídos por visores coloridos de LCD. É justamente como alternativa aos visores coloridos de LCD, que têm tempo de resposta alto para as novas aplicações de vídeo, que os OLEDs estão iniciando sua participação nos novos modelos de celulares.

Os tradicionais mercados de *displays* CRT, televisores e monitores, em 2005, foram da ordem de US\$ 50 bilhões, de acordo com a DisplaySearch. São mercados declinantes, não apenas quanto ao número de unidades vendidas, como também pela redução de preços causada pela difusão de tecnologias mais recentes, principalmente LCD, plasma e projeção (MD RPTV). O mercado correspondente a essas novas tecnologias, por força de acesso a estatísticas, passa, na seqüência, a ser identificado como mercado de *displays* planos.

Segundo a DisplaySearch, o mercado mundial de *displays* planos foi de US\$ 74 bilhões, em 2005, sendo o LCD de matriz ativa responsável pela sua maior parte – cerca de US\$ 60 bilhões. Em segundo lugar está o LCD de matriz passiva e, em terceiro, o plasma. O LCD é a tecnologia que não só vem substituindo com sucesso o CRT, como tem sido responsável pela abertura de novos mercados. Em 2004, de um mercado de LCD de matriz ativa de US\$ 48,5 bilhões, 41% foram em razão dos *displays* de dimensões pequenas, segundo a mesma fonte.

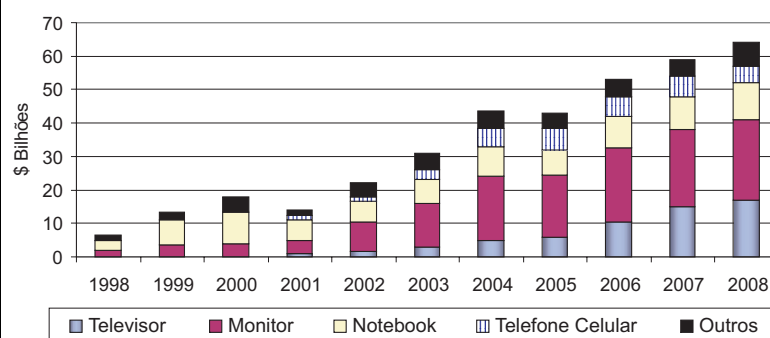
A importância dos três principais mercados consumidores de *displays* – televisores, monitores e terminais celulares – pode ser inferida no Gráfico 3, que mostra os principais mercados para os

Displays: Aspectos de Mercado

Mercado Mundial

Gráfico 3

Crescimento do Uso do LCD



Outros =MP3 Player, painéis automotivos, outdoors ativos, câmeras digitais, jogos, aparelhos de DVD, displays industriais.

Fonte: DisplaySearch (2004).

LCD, independentemente das suas dimensões. Destaca-se, também, no gráfico o surgimento dos novos campos de aplicação.

De acordo com a DisplaySearch, 2005 foi um ano altamente próspero também para o plasma – 42% de crescimento –, cujo mercado atingiu US\$ 6 bilhões.

Em relação às novas tecnologias, há uma expectativa de grande crescimento do OLED, principalmente na Ásia e Europa. O OLED já vem sendo utilizado em *displays* de pequenas dimensões, mas apresenta possibilidade de vir a ser o principal componente em telas de dimensões maiores, como as dos televisores e monitores.

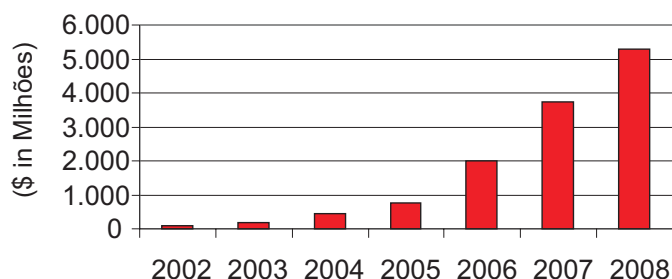
Os Gráficos 4 e 5 retratam as expectativas de evolução do mercado de OLED e sua distribuição regional. Ressalta-se que o mercado de OLED foi superior aos US\$ 500 milhões em 2005.

Outra tecnologia ainda em desenvolvimento, porém bastante promissora, é o FED, apropriada, a princípio, para *displays* de grandes dimensões.

O crescimento do mercado de *displays* em 2005 superou todas as previsões, não somente pelo interesse por telas maiores como, principalmente, pela queda dos preços dos produtos, decorrentes de expansões realizadas pelos fornecedores.

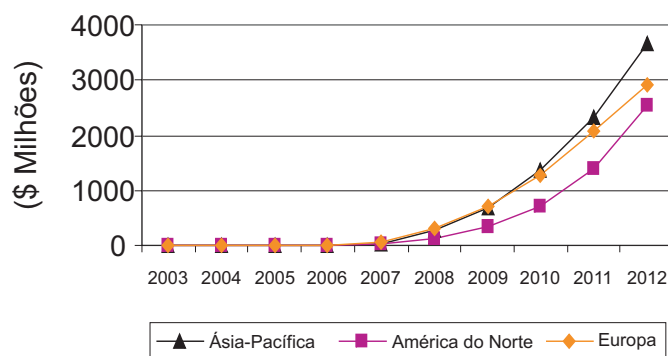
O investimento em unidades produtivas de *displays* LCD tem buscado a economia de escala, utilizando substratos de vidro cada vez maiores: entre uma linha de quinta geração, capaz de processar vidros de 1.100 mm x 1.399 mm, e uma linha de sétima geração, dedicada ao processamento de vidros de 2.160 mm x 2.460 mm, o aumento de área é de 273%, enquanto o aumento do inves-

Gráfico 4

Mercado de OLED – Expectativa de Forte Crescimento

Fonte: DisplaySearch (2005).

Gráfico 5

Receita de OLED por Região

Fonte: ABI Research (2005).

timento é de 207%. Tal economia de escala proporciona que 74% do custo de um produto devam-se apenas à matéria-prima utilizada. Isso se reflete sobre o preço do produto e é a principal causa da redução de preço que as telas têm apresentado.

Por outro lado, o grande aumento de escala, muitas vezes integrando o fornecedor do substrato de vidro na mesma planta, conduz à necessidade de investimentos vultosos. A Samsung declarou, recentemente,⁵ estar realizando investimentos em uma linha de produção de sétima geração, com capacidade produtiva de 540 mil substratos por ano, da ordem de US\$ 4 bilhões. Para fazer frente a esses investimentos, observa-se no setor um movimento de consolidação entre os fabricantes, incluindo a criação de *joint ventures* e a formação de parcerias.

⁵Agência Reuters.

Os investimentos declarados para 2005 prevêem um acréscimo de capacidade de 12 novas plantas de LCD, correspondentes a 3,720 milhões substratos/ano. Para 2006, há a previsão de um acréscimo de 7 plantas, equivalentes a uma capacidade de 1,920 milhão substratos/ano. De acordo com a DisplaySearch, a probabilidade de realização dessa estimativa está acima de 75%.

A Tabela 1 apresenta esses investimentos em plantas de LCD, discriminados por país. Pode ser observada a concentração dessa expansão na Ásia, principalmente na Coreia e em Taiwan.

Notícias recentes, veiculadas na imprensa,⁸ falam do adiantamento de algumas dessas metas, corroborando a existência de uma forte expectativa dos fornecedores quanto ao crescimento dos mercados de aplicação dos *displays* e à substituição da tradicional tecnologia CRT, motivando a corrida pela liderança do mercado mundial.

Tabela 1
Acréscimo de Capacidade em Plantas de LCD

PAÍS	FABRICANTES	SUBSTRATOS/ANO	INSTALAÇÃO
Taiwan	Chi Mei	60.000	Mai. 2005
Taiwan	Chi Mei	540.000	Jun. 2005
Coreia	LG.Philips ⁶	360.000	Jun. 2005
Japão	ST-LCD	60.000	Jun. 2005
Taiwan	CPT	360.000	Ago 2005
Coreia	LG.Philips	540.000	Ago 2005
China	Infovision	180.000	Out. 2005
Coreia	Samsung	540.000	Out. 2005
Japão	STMD	180.000	Out. 2005
Taiwan	Chi Mei	480.000	Nov. 2005
Taiwan	AU Optronics ⁷	360.000	Dez. 2005
Japão	Sharp	60.000	Dez. 2005
Japão	TMDisplay	180.000	Jan. 2006
China	Infovision	180.000	Fev. 2006
Japão	IPS Alpha	360.000	Fev. 2006
Coreia	SDI	120.000	Fev. 2006
Japão	Sharp	180.000	Fev. 2006
Taiwan	AU Optronics	360.000	Abr. 2006
Coréia	LG.Philips	540.000	Abr. 2006

⁶Joint venture (50% a 50%) resultante da consolidação dos negócios de displays da Royal Philips Electronics e da LG Electronics, em 29 de junho de 2001. Nasceu consolidando a posição ocidental da Philips, maior produtora mundial de cinescópios, e a oriental da LG, uma das líderes na fabricação de LCD.

⁷Fusão da Acer Displays Technology Inc. com a Unipac Optoelectronics Corporation.

Fonte: DisplaySearch (2005).

⁸Agência Reuters.

Em paralelo aos investimentos chineses em *displays*, a Corning, grande produtora mundial de vidros, divulgou um *release* declarando sua intenção de investir na China em função de sua relação com a indústria de LCD daquele país, da qual é grande fornecedora, e pelo fato de o governo chinês haver incluído essa indústria em seu plano quinquenal. De acordo com a empresa, o mercado mundial de vidro para LCD cresceu 60%, em 2005. Atualmente, a Corning possui plantas dedicadas à fabricação de vidros para LCD de grandes dimensões, nos EUA, em Taiwan, Coreia do Sul e Japão.

Foram anunciados também investimentos em 11 novas plantas de plasma, somando 101 mil substratos/ano, em 2005, com uma previsão de aumento de capacidade de 156 mil substratos/ano em 2006/07. A Tabela 2 identifica esses investimentos, também concentrados na Ásia.

Grandes empresas com atuação mundial participam dos mercados de *displays* LCD (de matriz ativa) e plasma, notadamente as empresas asiáticas, como mostra a Tabela 3. Grupos sul-coreanos e taiwaneses consolidaram-se na liderança do mercado de LCD, enquanto os japoneses e, novamente, os sul-coreanos aparecem à frente do mercado de plasma.

Displays de Maiores Dimensões

O mercado de *displays* LCD tem sido marcado por uma intensa disputa entre a LG.Philips LCD e a Samsung, que se alternam na primeira colocação. De acordo com a iSuppli, ambas tentam estabelecer padrões de tamanho para televisores de telas grandes – a LG.Philips LCD, com 42”, e a Samsung, com 40”. Quanto às

Tabela 2

Acréscimo de Capacidade em Plantas de Plasma

PAÍS	FABRICANTE	SUBSTRATOS/ANO	INSTALAÇÃO
Coréia	LGE	360.000	Mar. 2005
Coréia	LGE	240.000	Mai. 2005
Japão	Matsushita	252.000	Jun. 2005
Coréia	Samsung SDI	360.000	Out. 2005
Coréia	LGE	240.000	Mai. 2006
Japão	FHP	600.000	Jul. 2006
Japão	Matsushita	252.000	Jul. 2006
Japão	Pioneer	240.000	Out. 2006
Coréia	Samsung SDI	240.000	Nov. 2006
Coréia	LGE	180.000	Mai. 2007
Coréia	Samsung SDI	120.000	Mai. 2007

Fonte: DisplaySearch (2005).

Tabela 3

Participação no Mercado Mundial de LCD e de Plasma em 2005

LCD				PLASMA			
Ranking	Empresa	Nacionalidade	(%)	Ranking	Empresa	Nacionalidade	(%)
1	LG.Philips LCD	Sul-coreana	21,4%	1	Matsushita	Japonesa	28,0%
2	Samsung	Sul-coreana	20,9%	2	Samsung SDI	Sul-coreana	26,7%
3	AU Optronics	Taiwanesa	14,5%	3	LGE	Sul-coreana	25,6%
4	Chi Mei Optoelectronics	Taiwanesa	11,8%	4	FHP ⁹	Japonesa	11,3%
5	CPT ¹⁰	Taiwanesa	7,3%	5	Pioneer	Japonesa	8,4%
6	Outros	–	24,1%	6	Outros	–	0,1%

Fonte: *iSuppli (2006)* e *Display Research (2006)*.

aplicações, a Samsung lidera o mercado de LCD para *notebooks*, a LG.Philips LCD, os de monitores e de televisores, enquanto os japoneses seguem centrados nos painéis de dimensões pequenas.

Já a liderança da Matsushita sobre a Samsung em telas de plasma foi conseguida pela entrada em operação da nova fábrica de 42" da empresa japonesa e também à forte demanda pelos produtos Panasonic, de cuja marca a Matsushita é proprietária.

Sobre a indústria de LCD, os seguintes fatos, ocorridos recentemente, podem ser citados:

- Sanyo e Seiko Epson anunciaram a formação de uma empresa conjunta para atuar no setor de monitores LCD, em outubro de 2004 – a Sanyo Epson Imaging Devices Corporation. A Epson detendo 55% da *joint venture* e a Sanyo, 45%.
- A Fujitsu transferiu suas atividades de desenvolvimento, fabricação e comercialização de *displays* LCD para a Sharp, em março de 2005. A Sharp absorveu cerca de 450 funcionários, uma fábrica em Yonago (Japão) e um laboratório de pesquisa e desenvolvimento.
- A Sony adquiriu a divisão de *displays* LCD da taiwanesa Chi Mei Optoelectronics Corp. (CMO) – a International Display Technology Co. (ID Tech) – por US\$ 177 milhões, em janeiro de 2005. A Sony adaptou a fábrica para a manufatura de *displays* de pequenas dimensões com aplicação em celulares, *Personal Digital Assistant* (PDAs) e câmeras digitais.
- A Samsung e a Sony constituíram uma *joint venture* em abril de 2005 para produzir LCDs de 40" e 46", na Coreia do Sul. A linha, a primeira de sétima geração, processa substratos de vidro que podem ser origem para oito painéis de 40" ou seis de 46".

⁹Joint venture entre a Fujitsu Ltd. e a Hitachi Ltd., a primeira, com 19,9%, e a segunda, com 80,1%.

¹⁰Chunghwa Picture Tubes Ltd.

E sobre a indústria de plasma:

- A Pioneer adquiriu a NEC Plasma Display Corporation, em fevereiro de 2004, por cerca de US\$ 378 milhões. Apesar de ser conhecida mundialmente por seus produtos de áudio, a Pioneer é uma grande fabricante de plasma e monitores baseados na tecnologia desses painéis.
- A Hitachi adquiriu grande parte das ações da Fujitsu na Fujitsu Hitachi Plasma Display (FHP), em fevereiro de 2005. Após a aquisição, a Hitachi passou a ter 80,1% das ações da FHP, que foi fundada em 1999 como uma *joint venture* com o objetivo de desenvolver e implementar a fabricação em massa de *displays* plasma.
- A Hitachi e a Matsushita estabeleceram uma parceria tecnológica em julho de 2005, na qual a Matsushita tem o direito de adquirir as patentes da Hitachi relacionadas a *displays* plasma por um custo e um contrato pré-estabelecidos.

Televisores

Com a entrada de outras tecnologias como o LCD e o plasma, novos produtos substituíram ao televisor CRT vêm disputando a liderança da indústria. As novas tecnologias iniciaram sua participação no mercado pelas maiores diagonais, porém, com a evolução da tecnologia e o aumento das escalas de produção, reduzindo os preços dos produtos, começaram a ter participação significativa abaixo de 30". Assim, em segmentos inferiores, competem o televisor CRT e o LCD. Nas faixas superiores, competem os aparelhos LCD, plasma e de projeção. É possível apenas ao televisor LCD tornar-se competitivo numa faixa mais ampla de mercado.

O crescimento do mercado mundial de televisores com diagonal superior a 40" vem superando a média do mercado, como mostra a Tabela 4, apesar de corresponder ainda a apenas 17% do mercado total. É importante observar que, embora a queda de preço dos *displays* e, conseqüentemente, dos televisores seja irrefutável, o preço médio dos aparelhos vendidos aumenta, indicando a preferência do consumidor pelas telas grandes.

A demanda de televisores é fortemente correlacionada à renda, em todo o mundo. Isso faz com que a concorrência por preço seja uma realidade, para os produtos de menores diagonais. Dado o grande contingente populacional de baixa renda no mundo, a liderança dos aparelhos CRT no mercado, em termos de unidades vendidas, é absoluta. Entretanto, com a entrada em cena das telas grandes, a concorrência passou a se basear também em diferenciação de produto, especialmente sentida nas faixas superiores do mercado.

Tabela 4

TAMANHOS DE DIAGONAL	CRESCIMENTO ANUAL
> 50"	35%
40" a 49"	53%
30" a 39"	16%
20" a 29"	3%
16" a 19"	9%
13" a 14"	11%
10" a 12"	-4%
Total	18% (médio)

Fonte: *Mammana*.

O mercado mundial de televisores em 2005 foi estimado pela Display Search em US\$86 bilhões, correspondendo a 187,8 milhões de unidades. As Tabelas 5 e 6 apresentam os principais fabricantes de televisores e suas participações no mercado mundial ao final de 2005, em valor e em unidades comercializadas.

Tabela 5

Mercado Mundial de Televisores em 2005

(Participação em Receita)

POSICÃO	EMPRESA	NACIONALIDADE	PARTICIPAÇÃO
1	Sony	Japonesa	14,0%
2	Samsung	Sul-coreana	11,0%
3	Philips	Holandesa	9,5%
4	Panasonic	Japonesa	9,1%
5	LGE	Sul-coreana	7,8%
	Outros		49,8%

Fonte: *DisplaySearch*.

Tabela 6

Mercado Mundial de Televisores em 2005

(Participação em Unidades)

POSICÃO	EMPRESA	NACIONALIDADE	PARTICIPAÇÃO
1	LGE	Sul-coreana	9,6%
2	Samsung	Sul-coreana	9,2%
3	TTE ¹¹	Chinesa	7,5%
4	Philips	Holandesa	7,1%
5	Sony	Japonesa	6,9%
	Outros		59,7%

Fonte: *DisplaySearch*.

¹¹Associação da chinesa TCL com a francesa Thomson.

Verifica-se a liderança, no mercado de televisores, dos principais fabricantes de *displays* LCD de matriz ativa e plasma.

Algumas observações podem ser feitas sobre os mercados representados por cada uma das tecnologias presentes no mundo:

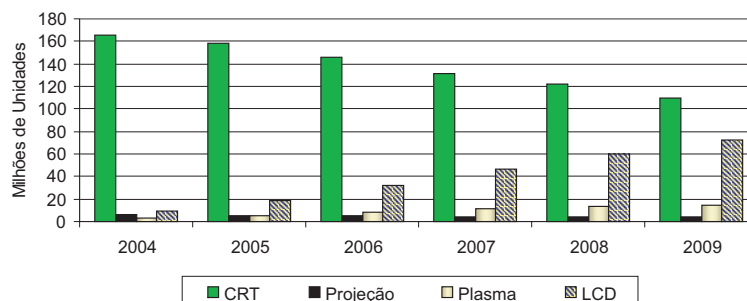
- A participação do CRT é declinante em número de unidades vendidas e, mais fortemente, em receitas auferidas. A pressão de preços dos televisores LCD e a perda de participação no mercado de telas maiores fazem com que a diagonal média de um aparelho CRT situe-se atualmente em torno de 22". Seus maiores ofertantes são: Samsung (líder na Europa), LGE (líder no Resto do Mundo¹²), TTE, Funai Electric Company (primeira na América do Norte) e Philips/Magnavox. Destacam-se, ainda, Mitsubishi e Panasonic, no Japão, e Konka e Changhong, na China.
- O televisor LCD vem prosperando tanto em unidades vendidas quanto em receitas auferidas, com a diagonal média dos aparelhos ultrapassando 25". Os maiores fornecedores de televisores LCD são: Sharp (líder no Japão e América do Norte), Philips/Magnavox (líder na Europa), Samsung, Sony e LGE (líder no Resto do Mundo). Na China, a Hisense é a líder.
- A participação do plasma no mercado mundial de televisores também é crescente, em unidades e em valor, mesmo com o fato de o preço médio do televisor vir decrescendo. Seu maior ofertante é a Panasonic (líder no Japão, Europa, América do Norte e China), destacando-se também a LGE (líder no Resto do Mundo).
- Quanto aos televisores de projeção, as tecnologias MD, principalmente DLP e LCOS, vêm substituindo a CRT, aproveitando o movimento do mercado total em direção às telas grandes. Seus maiores fornecedores são: Sony (líder em todo o mundo, exceto no Japão), Samsung, Mitsubishi, Panasonic e Toshiba. Sobressai-se, ainda, a Epson (líder no Japão).

O crescimento do mercado total de televisores é lento, estimado em 7% ao ano pela DisplaySearch. Entretanto, a tendência pela demanda por televisores de telas grandes em novas tecnologias faz prever que estas substituirão em grande medida a demanda por aparelhos CRT, que estão sendo confinados às menores diagonais e a mercados com baixo poder aquisitivo. Tal substituição, medida em unidades vendidas, é apresentada no Gráfico 6. Em 2004, de um número de aparelhos vendidos igual a 188 milhões, o televisor CRT teve uma participação de 90,8%, cabendo ao LCD 4,5%. Para 2008, a DisplaySearch prevê 212 milhões de televisores vendidos em todo o mundo, dos quais 68,2% serão CRT e 22,1%, LCD.

Em termos de receita auferida, a tecnologia CRT já perdeu a liderança no Japão e na Europa, como pode ser visto no Gráfico 7, que mostra a participação de cada tecnologia por região. Consideran-

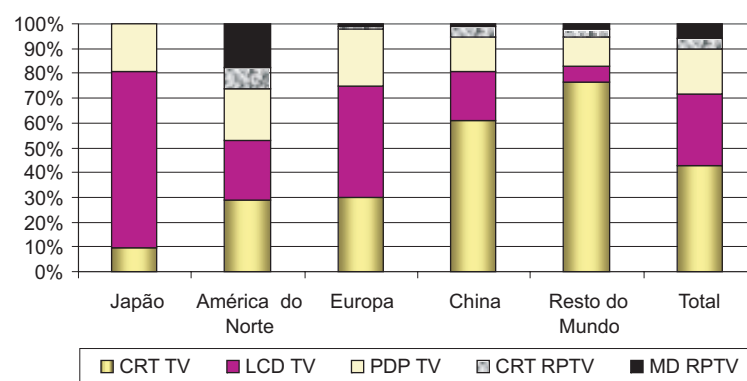
¹²Como é citada nas estatísticas a região constituída pela exclusão do Japão, Europa, América do Norte e China.

Gráfico 6
Televisores: Substituição de Tecnologias



Fonte: DisplaySearch (2005).

Gráfico 7
Televisores: Participação das Tecnologias por Região



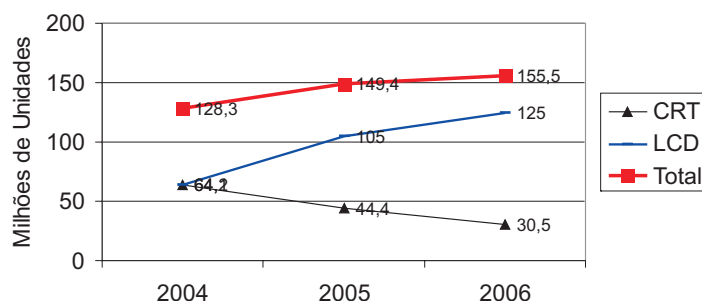
Fonte: DisplaySearch (2005).

do que é no Japão que primeiro se manifestam as novas ondas tecnológicas em eletrônica, conclui-se que o processo de substituição do CRT pelo LCD em televisores está em curso. O Gráfico 7 permite observar, também, uma expressiva presença de plasma em todas as regiões, com exceção da América do Norte, onde os televisores de projeção predominam sobre essa tecnologia.

Monitores

No que se refere a monitores, a diferença entre o número de aparelhos CRT e LCD vendidos cai ano a ano, como mostra o Gráfico 8, apesar do custo ainda elevado do LCD nas dimensões típicas de *notebooks*. Contudo, o valor das vendas de monitores LCD suplantou o de aparelhos CRT, a partir do segundo semestre de

Gráfico 8

Mercado Mundial de Monitores

Fonte: DisplayBank (Jan. 2006).

2004, confirmando os prognósticos dos especialistas. Ao final de 2005, o mercado de monitores LCD atingiu US\$ 35 bilhões, correspondendo a 73,3% do mercado total de monitores, segundo a DisplaySearch.

A Tabela 7 apresenta os principais ofertantes de monitores no mercado mundial. É importante observar que a líder Dell é também a número um no mercado da América do Norte.

Tabela 7

Mercado Mundial de Monitores em 2005

(Participação em Receita)

POSICÃO	EMPRESA	NACIONALIDADE	PARTICIPAÇÃO
1	Dell	Americana	19,2%
2	Samsung	Sul-coreana	11,3%
3	HP	Americana	9,7%
4	Acer	Taiwanesa	8,6%
5	LGE	Sul-coreana	5,4%
	Outros		46,7%

Fonte: DisplaySearch (2006).

Os *displays* de dimensões pequenas têm aplicação em inúmeros produtos, cujos mercados podem representar, para cada fabricante, um nicho de atuação:

Displays de Pequenas Dimensões

a) *Displays* digitais e para texto com tecnologias LCD e outras:¹³

- Painel de carro (Optrex) e rádio estéreo de carro (Pioneer, TDK, Nippon Seiki);

¹³VFD (*Displays de Vácuo Fluorescente*).

- Barbeador elétrico (Philips);
- Informação ao viajante (Trident Displays, *display* da CDT);
- MP3 Player (GoDot com *display* da RiTdisplay);
- Relógio/PDA (protótipo da IBM);
- Smart Cards (protótipo da CDT).

b) *Displays* para pequenas imagens com tecnologia LCD:

- Câmeras (Kodak);
- Telefones celulares¹⁴ (Samsung, Tohoku Pioneer para Fujitsu, ex-Motorola);
- PDAs (Sony, Samsung);
- Unidade de Jogos (Gameboy, protótipo da Kodak, RadicaSpiel com *display* da RiTdisplay);
- Sistemas de Navegação;
- *Head-up displays* (eMagin para o capacete F15E).

O mercado de *displays* de dimensões pequenas foi estimado pela DisplaySearch em US\$ 21,3 bilhões, em 2005. A principal aplicação demandante desse *display* é o terminal celular, concentrando 64% do mercado, seguido dos jogos, com 8%, câmeras digitais, com 6%, PDAs, 5%, e aplicações automotivas, 5%.

Com relação às tecnologias emergentes, a Coreia do Sul e Taiwan parecem os mais bem posicionados em futuro próximo, embora o Japão se mantenha na liderança da tecnologia AMOLED. A Coreia do Sul leva vantagem sobre Taiwan nas atividades mais intensivas em P&D, nas quais parece determinada a emergir como líder tecnológico. Por outro lado, Taiwan apresenta nichos menores de inovação, nos quais, provavelmente, permanecerá como centro avançado de produção.¹⁵

A tecnologia OLED, citada como a grande aposta para o futuro dos *displays* pequenos, continua enfrentando desafios no seu desenvolvimento, tal como aconteceu com o LCD uma década atrás. Contudo, as previsões quanto ao seu crescimento são otimistas, como mostra o Gráfico 9.

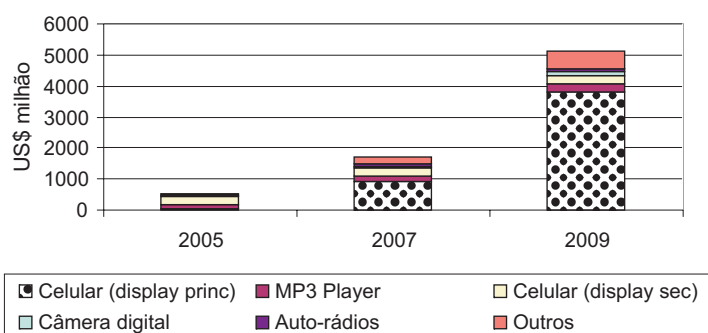
As empresas fabricantes de OLED tiveram uma receita de cerca de US\$ 440 milhões em 2004, destacando-se Samsung, Pioneer e RiTdisplay, conforme pode ser observado na Tabela 8. É importante notar o ingresso no segmento de grandes fabricantes de LCD.

¹⁴Em 2001, a Motorola /Pioneer produziu o primeiro *display* de texto para celular.

¹⁵Lall, Sanjaya.

Gráfico 9

Evolução das Aplicações OLED



Fonte: DisplaySearch (2006).

Tabela 8

Receita das Empresas Fabricantes de OLED (US\$ mil)

EMPRESA	2003	2004	1º QUADRIMESTRE DE 2005
Adeon		250	166
LGE		18.791	4.875
AUO			763
eMagin		3.220	894
Litronix			3.075
OptoTech			4.951
NESS		6.182	1.251
Lite Array			2.000
Orion			975
RiT display	34.731	103.851	28.775
Pioneer	104.534	116.935	17.667
Samsung	96.238	137.366	27.198
Sanyo Kodak	12.102	4.717	1.049
ST LCD			425
TDK	2.115	1.651	290
Teco			5.945
Univision		22.373	25.704
Osram			766
Delta			199
Philips		14.220	5.453
Total	249.720	429.556	132.421

Fonte: DisplayTech.

Taiwan tem-se sobressaído mundialmente no desenvolvimento de *displays* PLED. Os principais competidores de Taiwan são:

- AU Optronics Corp (AUO);
- Chi Mei Optoelectronics Corp. (CMO);
- Chunghwa Picture Tubes Ltd (CPT);
- HannStar Display Corp.;
- Quanta Display Inc (QDI);
- Picvue Electronics Ltd..

Terminais Celulares

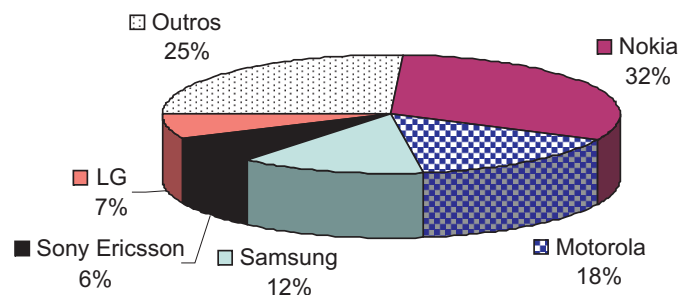
Em 2005, de acordo com o IDC, o mercado mundial de celulares foi de 825,5 milhões de unidades. O Gráfico 10 mostra os principais fabricantes de celulares em nível mundial, liderados pela Nokia (finlandesa) ao lado da Motorola (norte-americana). Constatase, notadamente, a presença da Samsung e LG (sul-coreanas), que atuam também no mercado de *displays*. Destaca-se também a Siemens (alemã), que recentemente vendeu seu negócio de celulares para a BenQ (taiwanesa).

Mercado Nacional

Com relação à oferta brasileira de *displays*, cabe chamar a atenção para a existência de apenas duas fabricantes de CRT no país: a Samsung SDI, em Manaus, e a LG Philips Displays, com fábricas em São José dos Campos e Manaus.

Gráfico 10

Participação no Mercado Mundial de Celulares



Fonte: IDC (2005).

A análise da Balança Comercial brasileira de cinescópios, apresentada no Gráfico 11, mostra um déficit que corresponde à importação de CRTs especiais, bem como de CRTs produzidos por fábricas chinesas equipadas com antigas linhas de produção desativadas na Europa e nos EUA. Em 2005, esse déficit foi de US\$ 364,3 milhões. A exportação refere-se ao fato de as fabricantes estarem concentrando em poucas fábricas ao redor do mundo a produção de CRT, considerada uma tecnologia antiga, ao passo que o dinamismo das novas plantas toma lugar principalmente na Ásia.

Existe no Brasil uma pequena produção, quase artesanal, de *displays* LCD para aplicações de nicho, pelas nacionais AGT e Displaytec. Entretanto, não existe produção nacional de *displays* LCD para nenhum dos mercados aqui estudados – televisores, monitores e terminais celulares. Há uma demanda por essa tecnologia no país, a qual vem intensificando-se ao longo dos anos, como demonstra a análise da Balança Comercial de LCD, apresentada no Gráfico 12, e cujo déficit, em 2005, foi de US\$ 537 milhões.

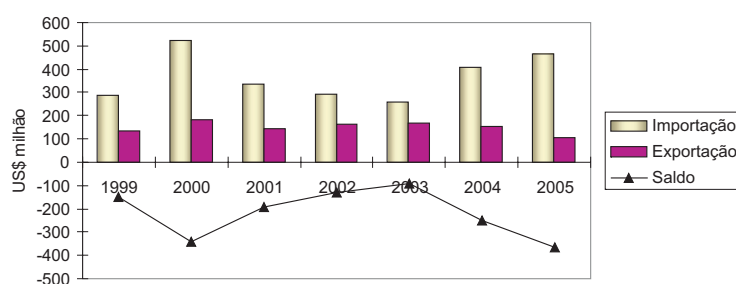
Também não há oferta brasileira de *displays* plasma ou de projeção. Configura-se, assim, um quadro de extrema dependência do país em relação a *displays* de novas tecnologias, sejam eles de grandes ou de pequenas dimensões. O relativo conforto proporcionado pela grande produção brasileira de cinescópios, alimentando a maior parte da indústria local de televisores, como visto na análise do Mercado Mundial, tende a acabar a médio prazo.

A oferta nacional de cinescópios no Brasil era monopólio da LG.Philips até 1996, quando a Samsung obteve aprovação de projeto para a produção de cinescópios para televisores e monitores de vídeo no Pólo Industrial de Manaus.

Displays de Maiores Dimensões

Gráfico 11

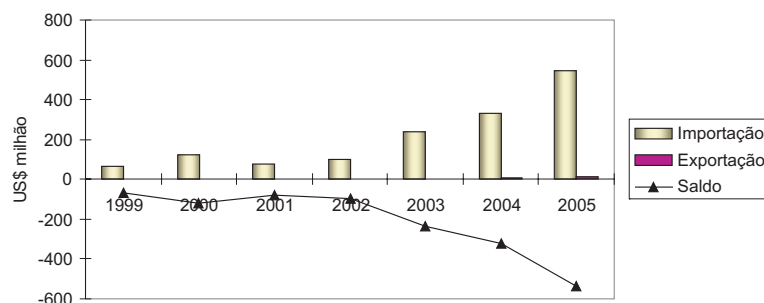
Balança Comercial: Cinescópios e Válvulas



Fonte: Elaboração BNDES com base em dados da Secretaria do Comércio Exterior/Análise das Informações de Comércio Exterior (SECEX/Alice).

Gráfico 12

Balança Comercial: Displays de Cristal Líquido



Fonte: Elaboração BNDES com base em dados da SECEX/Alice.

LG Philips

Em São José dos Campos, a LG Philips possui uma capacidade de produção de, aproximadamente, 7 milhões de cinescópios para televisores por ano. São fabricados cinescópios de 14", 20" e 21" flat. Em Manaus são produzidos 1,8 milhões de cinescópios de 29" e 29" flat.

Samsung SDI

O projeto da Samsung SDI, aprovado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), contempla a fabricação de cinescópios para televisores e monitores com diagonais até 25". De acordo com a notícia divulgada na imprensa,¹⁶ essa fábrica da Samsung encontra-se em operação desde 1998, tendo produzido 6 milhões de cinescópios em 2004.

Televisores

O Brasil tem cerca de 65 milhões de televisores instalados e uma população de 185 milhões de habitantes, isto é, cerca de um terço da população possui esse aparelho, que é também o primeiro eletrodoméstico presente em um domicílio, depois do fogão, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A alta elasticidade-renda dos televisores explica a forte participação nesse mercado dos aparelhos CRT, de preço relativamente menor. Entretanto, não é somente o preço que determina a demanda de televisores. Como visto, outras variáveis têm influência sobre a demanda – dimensões da tela, qualidade da imagem, portabilidade etc. Isso significa que há espaço para a substituição do televisor CRT por aparelhos de outras tecnologias, o que já acontece

¹⁶<http://www.maxpressnet.com.br/noticia-printer.asp?TIPO=PA&SQ=175944>

para as diagonais maiores. Nesse caso, o mercado é abastecido por importações, que têm aumentado nos últimos anos e somaram US\$ 35,7 milhões, em 2005.

Aproximadamente 85% do mercado brasileiro de televisores são de aparelhos com menos de 29", segmento em que o domínio do CRT é absoluto. O LCD de mesmas dimensões apresenta preços várias vezes maiores que o do CRT, de acordo com levantamento feito em *sites* brasileiros de vendas de produtos.¹⁷ Em que pese haver diferenciação de produto na oferta do televisor LCD, o alto custo do *display* freia o aumento da demanda.

Em 2004, foram vendidos cerca de 15 mil aparelhos com tecnologia LCD ou plasma, para um total de 7,5 milhões de televisores comercializados no país. Já em 2005, segundo empresas do setor, as vendas de televisores LCD ou plasma situaram-se em torno de 60 mil unidades para um volume total de vendas de 9,3 milhões de aparelhos.

Apesar do ainda pequeno consumo das novas tecnologias, os fabricantes estão apostando no aumento de consumo de aparelhos LCD e plasma, como pode ser visto no quadro do Anexo I, que procura traçar um retrato da oferta de televisores no Brasil. Cabe observar a presença da Gradiente, marca brasileira que comprou a Philco em 2005 e lançou um modelo de televisor plasma. As empresas que lideram o mercado mundial de novas tecnologias também estão presentes no mercado brasileiro, onde ofertam produtos do seu portfólio internacional. O Gráfico 13 apresenta a participação dessas marcas no mercado interno brasileiro de televisores.

Existe grande expectativa quanto à definição do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD). Isso porque o mercado brasileiro de televisores, individualmente, é um dos maiores do mundo em número de unidades vendidas. Embora se saiba que não haverá a substituição imediata dos televisores já existentes por novos aparelhos digitais, a base instalada brasileira, da ordem de 65 milhões de televisores, certamente dará origem a um fluxo anual de renovação de aparelhos nada desprezível.

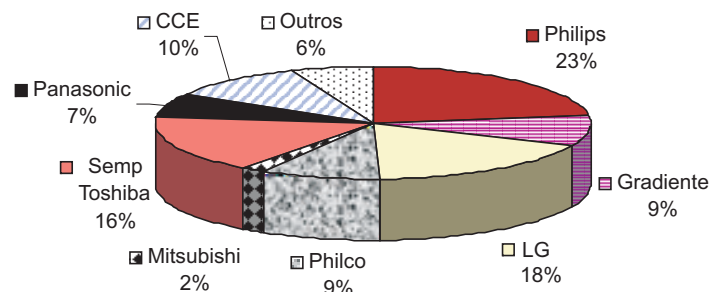
É interesse dos fabricantes aqui instalados que a escolha do padrão de modulação para o SBTVD privilegie um padrão que já seja atendido por essas empresas em outras partes do mundo. Entretanto, paira sobre a indústria local a ameaça da importação pura e simples de aparelhos digitais. Por essa razão, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee) reivindica que o Brasil utilize o seu mercado como argumento de negociação para pleitear a instalação no Brasil de uma fábrica de *displays* de novas tecnologias. Até porque a demanda da indústria de televisores, em 2005, foi de 10,7 milhões de telas, que representam mais de 50% do custo dos aparelhos.

¹⁷Encontrou-se uma relação de até 22,5 vezes entre esses preços, tendo sido pesquisados 175 modelos diferentes de televisores, dos quais 59 CRT, 50 Tela Plana, 30 LCD, 18 Plasma e 18 Projeção.

Gráfico 13

Mercado Brasileiro de Televisores

(Acumulado até Setembro de 2005)



Fonte: Empresa do setor.

Monitores

Estima-se que o mercado brasileiro de microcomputadores em 2005 tenha sido de 5,5 milhões de máquinas, cerca de 60% das quais atendidas pelo “mercado cinza” – mercado informal de equipamentos e partes montadas. Este, segundo notícias da IDC divulgadas na imprensa, teria recuado de uma participação de 74%, em dezembro de 2004, em função da queda nos preços dos computadores produzidos legalmente no país. Tal queda foi decorrente da redução da carga tributária das máquinas até R\$ 2,5 mil, estabelecida pela Medida Provisória (MP) do Bem e pela isenção fiscal, propiciada pelo Programa Computador para Todos, que também possui linhas de crédito especiais para computadores de até R\$ 1,4 mil que obedeçam as configurações aprovadas pelo governo.

Graças à Lei de Informática,¹⁸ há produção local de monitores, tanto CRT quanto LCD, que abastecem a quase totalidade do mercado brasileiro. Salvo casos especiais, supridos via importação, o número de monitores equivale ao de microcomputadores comercializados nos dois mercados, formal e informal. Segundo empresas do setor, em 2005 foram vendidos no País 4,7 milhões de monitores, 85% dos quais CRT.

¹⁸Pela Lei de Informática, as empresas que cumprirem um Processo Produtivo Básico para seus produtos podem habilitar-se à concessão de benefícios fiscais (redução do IPI), assumindo o compromisso de aplicar um percentual de seu faturamento bruto em atividades de P&D, interna e externamente à empresa.

Com relação aos monitores, com uma elasticidade à renda menor do que os televisores, a variável qualidade assume uma importância maior se comparada à variável preço. Mesmo assim a migração de uma tecnologia para a outra tem sido paulatina. Como pode ser visto na Tabela 9, a AOC, a LG, a Philips e a Samsung ainda apostam na tecnologia CRT, apesar do seu maior gasto de energia e peso.

Tabela 9

Fabricantes de Monitores no Mercado Brasileiro

FABRICANTES	TECNOLOGIA						
	CRT				LCD		
	Diagonal (polegadas)						
	15	17	19	22	15	17	19
AOC	X	X	X		X	X	X
LG	X	X	X			X	X
Philips	X	X	X	X	X	X	
Proview	X						
Samsung	X	X	X		X	X	X
Wavtec					X	X	

Fonte: Elaboração BNDES a partir de informações baseadas em levantamento de sites brasileiros de vendas de produtos.

Terminais Celulares

De acordo com o IDC, foram vendidos no mundo 664,5 milhões de terminais celulares, em 2004. Nesse ano, o Brasil produziu 42 milhões de celulares. Supondo-se que todos os celulares produzidos no país foram vendidos, conclui-se que o Brasil foi responsável por cerca 6,3% da venda de celulares, em 2004.

Em 2005, segundo a Abinee, a fabricação nacional atingiu 65 milhões de celulares, representando um aumento de 55% em relação a 2004, sendo 33 milhões para o mercado interno e 32 milhões para exportação. Em 2004, a produção brasileira havia sido 56% superior à de 2003, incluindo exportações de 12 milhões de unidades.

As exportações brasileiras de celulares totalizaram US\$ 2,4 bilhões em 2005, com uma expansão de 222% em relação a 2004, conforme o Gráfico 14. Essas exportações tiveram como destinos principais os EUA (33%) e países da América do Sul, em especial a Argentina (24%) e a Venezuela (14%).

Estão homologados terminais celulares de 26 fabricantes, embora nem todos tenham plantas no Brasil, apesar de a fabricação de terminais celulares no Brasil ser beneficiada pela Lei de Informática. Essa indústria está concentrada em Manaus. Essa indústria está concentrada em Manaus e no Estado de São Paulo, podendo ser citadas as seguintes ofertantes: Nokia, Siemens,¹⁹ Gradiente, Motorola, Samsung, Sony-Ericsson, LG e Pantech.

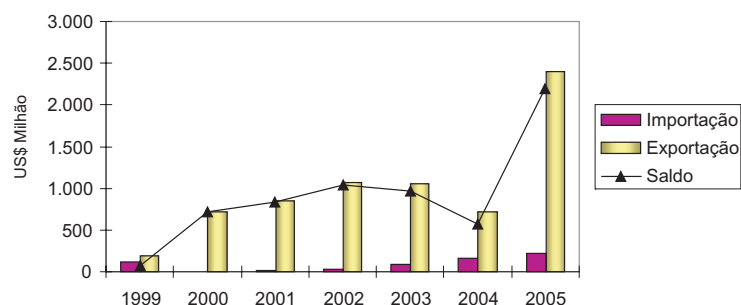
O Gráfico 15 mostra os principais fabricantes de celulares no Brasil e suas respectivas participações. Verifica-se que dois dos principais fabricantes estão entre os maiores ofertantes de *displays*

Displays de Pequenas Dimensões

¹⁹Recentemente a Siemens vendeu o negócio de celulares para a BenQ (Taiwan).

Gráfico 14

Balança Comercial: Terminais Celulares

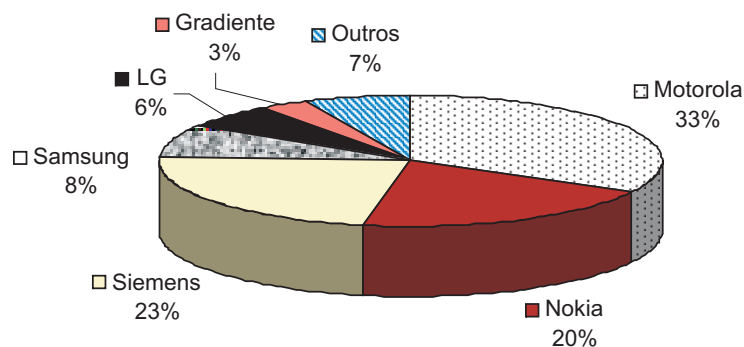


Fonte: Elaboração DEIEL/AI/BNDES com base em dados da SECEX/Alice.

Gráfico 15

Mercado Brasileiro de Celulares

(Acumulado até Junho de 2005)



Fonte: Empresa do setor.

LCD do mundo – LG e Samsung. A LG Electronics começou a operar com celulares no país em 1998 e, hoje, tem uma participação de 20% no mercado; a Samsung possui 50% de participação no mercado brasileiro de celulares de luxo.

Cabe lembrar que, além da tecnologia LCD, os celulares já utilizam OLED em seus *displays* secundários.

Oportunidades

É enorme a importância do *display* como componente presente em praticamente todos os dispositivos eletrônicos. Mesmo em bens de outras cadeias produtivas, como máquinas industriais e equipamentos eletromédicos, ele participa.

O surgimento do LCD de grandes dimensões e o aumento da sua demanda como substituto do CRT tornam oportuna a discussão da situação brasileira nesse segmento. O CRT deverá ser utilizado ainda por alguns anos no Brasil, assim como em outros países onde há contingentes populacionais de menor poder aquisitivo, pelo seu baixo custo. Entretanto, a evolução da tecnologia e, principalmente, as grandes escalas industriais deverão jogar os preços do LCD para baixo, como já está ocorrendo. Espera-se que, a médio prazo, a produção brasileira de cinescópios, que além de abastecer o mercado brasileiro tem gerado exportações para outros países, seja deslocada pela nova tecnologia, a exemplo do que acontece no mundo.

A Tabela 10 mostra a evolução da Balança Comercial anual do complexo eletrônico, a partir de 2000. Verifica-se que, em 2005, o segmento de componentes foi responsável por mais de 70% do déficit do complexo, de quase US\$ 6,4 bilhões.

A fabricação local de componentes eletrônicos, à exceção dos CRT e placas de circuito impresso de maior volume, é muito baixa. Como consequência, o aumento da escala de produção de bens eletrônicos – por exemplo, celulares – e a disseminação da eletrônica por outras cadeias produtivas impactam fortemente a balança de componentes.

Os *displays* LCD já são o segundo componente mais importado – com US\$ 537 milhões de saldo negativo –, atrás apenas dos circuitos integrados, cujo déficit foi de US\$ 2,5 bilhões. Isso

Tabela 10

Brasil: Balança Comercial do Complexo Eletrônico – 2000/2005

(Em US\$ Milhão)

DISCRIMINAÇÃO	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IMPORTAÇÕES	9.277,6	8.839,2	5.713,9	5.934,2	8.311,7	10.482,5
Informática	1.853,0	1.715,1	1.306,7	1.236,3	1.485,7	1.918,8
Eletrônica de Consumo	411,5	361,2	424,3	327,5	498,3	715,5
Telecomunicações	3.434,9	3.752,9	1.510,8	1.482,6	2.306,8	2.942,2
Componentes	3.578,2	3.010,0	2.472,1	2.887,8	4.020,9	4.906,0
EXPORTAÇÕES	2.491,7	2.571,5	2.403,1	2.377,0	2.427,7	4.117,6
Informática	374,7	293,0	163,7	210,6	327,5	397,7
Eletrônica de Consumo	433,7	385,4	279,8	253,6	257,7	194,9
Telecomunicações	1.311,3	1.551,9	1.547,3	1.548,1	1.452,1	3.165,3
Componentes	372,0	341,2	412,3	364,7	390,4	359,7
DÉFICIT	(6.785,9)	(6.267,7)	(3.310,8)	(3.557,2)	(5.884,0)	(6.364,9)

Fonte: Secex (Agregação BNDES).

coloca o problema da dependência brasileira de componentes eletrônicos importados novamente em questão.

Contudo, é aqui que surge a oportunidade de se reverter essa situação. Dois fatos concorrem para isso: o primeiro é a dimensão alcançada, no Brasil, pelos dois principais mercados demandantes de *displays*: televisores e celulares. Os 10,7 milhões de televisores produzidos equivalem a 6% do mercado mundial, aproximando-se do mercado japonês, de 10 milhões de televisores. Já os 65 milhões de celulares fabricados correspondem a 8% do mercado mundial. A pujança desses mercados pode justificar o investimento no País em plantas para fabricação de novos *displays*. O segundo fato é a intensa pesquisa desenvolvida em todo o mundo sobre novos tipos de *displays*, de pequenas e grandes dimensões, para o que a nanotecnologia muito tem a contribuir, como será visto no próximo capítulo. Ademais, no Brasil, já existe um parque industrial de mecânica e materiais – vidros, plásticos, polímeros etc. – capaz de suportar a cadeia produtiva dos *displays* que estão sendo pesquisados.

Novas Tecnologias

A nanotecnologia no Brasil tem os mesmos entraves de outras ciências de ponta. O governo federal fez investimentos em redes de pesquisa que podem ser considerados pequenos, se comparados com o restante do mundo. Ao mesmo tempo, verifica-se que a indústria brasileira não tem tradição e/ou recursos para investir mais fortemente em pesquisa e desenvolvimento. Há algumas empresas atuantes nesses segmentos de fronteira tecnológica no Brasil. Entretanto, observa-se que são pequenas empresas, com recursos limitados e alta necessidade de investimento em pesquisa e desenvolvimento (Tabela 11).

Empresas em Operação no Brasil

Tabela 11

SEGMENTO	EMPRESAS (*)
Circuitos integrados, sensores	Aegis
Componentes piezoelétricos	Hosonic
<i>Displays</i> de LED	Cromax
<i>Displays</i> de LCD	AGT, Displaytec
Eletrônica polimérica	Tecnoled, PAM, Polinova, Flexitech
Membranas condutoras	MDL
Impressoras e processos	Ferragini
P&D	Optânica
Pele artificial	Pelenova

Lista não exaustiva. Pretende-se apenas mencionar alguns exemplos dos diversos setores.

Fonte: Instituto Genius.

Em um cenário de contínuo desenvolvimento, as várias tecnologias em *displays* competem entre si em cada mercado. Mesmo com ameaça de obsolescência, tecnologias estabelecidas como o CRT e o plasma evoluem. Este capítulo apresenta os desenvolvimentos em andamento para cada tecnologia, os respectivos processos de fabricação, principais características e horizontes previstos de entrada no mercado. Adicionalmente, faz-se um mapa do estágio de desenvolvimento dos *displays* no mundo e no Brasil.

Os *displays* cada vez mais devem incorporar seus circuitos e sistemas de controle, tornando a etapa de integração do *display* ao restante do equipamento cada vez mais simples. Para as tecnologias conhecidas e controladas, espera-se que, nos processos de produção, as etapas de montagem e encapsulamento também tenham evoluções, uma vez que cerca de 70% do custo final de um *display* estão nessas fases, segundo a HP. Como um terceiro fator de evolução, a eficiência energética dos *displays* deverá ser determinante para a aplicação final e, conseqüentemente, espera-se a supremacia de uma tecnologia em detrimento de outra.

De forma geral, em telas de grandes dimensões, o plasma ainda é uma tecnologia adequada na relação custo-benefício. Entretanto, em cinco anos, o LCD deverá chegar à qualidade do plasma em telas grandes. Em dez anos, o OLED deverá ter a mesma qualidade do LCD e do plasma em telas grandes, vindo como o substituto do LCD. Entretanto, a real ruptura na tecnologia deverá ser a produção de *displays* flexíveis, OLED e *Electrophoretic Display* (EPD). A previsão de início de produção de *displays* de grandes dimensões baseados na tecnologia do OLED é para 2009, enquanto o do EPD é esperado para 2008.

Os *displays* flexíveis (papel eletrônico) têm como substrato um filme fino de plástico que visa aumentar a portabilidade. Recentes protótipos desse tipo de *display* mostraram-se tão finos e leves que os usuários puderam enrolá-los como uma folha de papel para armazenagem ou transporte. O uso de *displays* flexíveis deverá criar novos mercados, como jornais eletrônicos e *displays* agregados a embalagens de produtos, hoje só imaginados nos filmes de ficção científica.

Outros avanços ainda são esperados para o final desta década, como *displays* formados tomando-se por base projeções holográficas, possibilitando que serviços como localização possam, no futuro, ser usados por um motorista dirigindo e, ao mesmo tempo, observando um mapa no pára-brisa.

OLED

Há duas tecnologias principais para OLED: a primeira, com moléculas pequenas que emitem luz por si só, chamada SMOLED; a segunda, com polímeros, chamada PLED.

O OLED pertence à nanotecnologia na medida em que as espessuras das camadas de emissores de luz que são depositadas sobre polímeros são de 20 nm a 30 nm. A evolução das principais características de um display OLED, previstas para o período 2004-2010, é apresentada na Tabela 12.

Enquanto o preço de *displays* LCD tem-se reduzido de forma acentuada, eleva-se o volume de vendas. Apesar disso, os grandes fabricantes de LCD estão investindo em OLED e vêem essa tecnologia como sua substituta no médio prazo (três a quatro anos), pois o OLED possui menos etapas de produção, com processo mais simples que o LCD. Como vantagens atuais, o OLED tem menor espessura, menor custo (estimado para PLED) e produção mais simples. A DisplaySearch estimava um movimento no mercado mundial de OLED de US\$ 519 milhões, em 2005, e de US\$ 5,1 bilhões, para 2009.

Os *displays* SMOLED foram originalmente desenvolvidos pela Kodak, há vinte anos. Sua estrutura tem maior mobilidade de elétrons e, geralmente, são mais estáveis. Seu processo de fabricação é feito por deposição a vácuo. Os *displays* SMOLED já estão presentes no mercado mundial com produtos para som automotivo, celulares e MP3 *players*, entre outros.

Processos que envolvem vácuo, como a fabricação de SMOLED, apresentam alto custo e lentidão. No caso de *displays* de grandes dimensões, o SMOLED tem limitações tecnológicas no processo produtivo, já que utiliza máscaras que perdem a precisão na

Tabela 12

Estágios Previstos de Evolução do Display OLED

PROPRIEDADE	UNIDADE	PRIMEIRO ESTÁGIO	SEGUNDO ESTÁGIO	TERCEIRO ESTÁGIO
	Ano	2004	2007	2010
Eficiência do sistema de energia	%	1	2,5	5
Tempo de vida	Horas	10.000	20.000	40.000
Máximo número de <i>pixels</i>		1.000.000	5.000.000	10.000.000
Densidade máxima de <i>pixels</i>	Ppi	100	200	300
Tamanho máximo da diagonal	Cm	50	100	150
Espessura do painel	Mm	2	1	0,5
Peso do painel	g/cm ²	0,5	0,25	0,1
Custo de produção	US\$/cm ²	0,8	0,2	0,08

Fonte: Teleco (www.teleco.com.br).

fabricação de grandes *displays*. Ainda assim, 97% dos atuais *displays* orgânicos são constituídos por pequenas moléculas orgânicas.

Já os *displays* PLED foram desenvolvidos originalmente em Cambridge, há 15 anos, e sua fabricação pode utilizar deposição mediante impressão a jato de tinta, o que reduz significativamente o custo do processo produtivo. Essa tecnologia possibilita menor espessura e maior brilho, maior ângulo de visão e menor consumo de energia. Ela também é eficiente quando submetida à iluminação direta do sol. O PLED possui potencial para apresentar maior resolução, embora, atualmente, atinja metade da resolução ideal para a visão humana (300 dpi). Por outro lado, o tempo de vida útil do PLED ainda é limitado, principalmente nas cores azul e branco. Ainda assim, as aplicações de PLED em imagens estáticas intensificam-se.

No processo produtivo do PLED, o substrato pode ser de vidro ou flexível. Esse substrato é coberto com óxido semitransparente e condutor, de estanho, para substrato de vidro, e índio (ITO), para substratos de vidro ou flexíveis. Há, então, a deposição das trilhas metálicas utilizadas no controle e alimentação do *display*. A deposição dos polímeros pode ser feita por meio de *spin coating*, uma técnica mais barata e de controle mais fácil, ou jato de tinta, técnica mais elaborada, que exige passos adicionais no preparo do substrato, mas de maior resolução.

Há pouco conhecimento sobre a produção de PLED no mundo. A empresa holandesa OTB está implementando uma linha de PLED em Cingapura. Em princípio, o processo com polímeros é mais rápido. Seu gargalo está no curto tempo de vida e na ocorrência de envelhecimento diferencial das cores. Em produtos com ciclo de substituição rápido como os celulares, esse não é um problema, mas em produtos com substituição mais demorada, caso dos televisores, sua utilização não é viável atualmente.

O *Field Emission Display* (FED) tem o mesmo princípio de funcionamento do CRT, no qual elétrons são direcionados às moléculas de fósforo da tela, que acendem e geram imagens. Entretanto, enquanto no CRT um elemento de fósforo é acionado de cada vez, no FED há uma pequena ponta emissora de elétrons para cada *pixel* (conjunto de células de fósforo), caracterizando uma matriz ativa.

FED

Como não é necessário o espaço para a deflexão do feixe de elétrons que dá origem à varredura sobre a tela, os *displays* FED têm espessura similar aos LCD. Mais, os elétrons são emitidos por um campo elétrico a frio, implicando um consumo de energia menor que o dos *displays* LCD.

Não há consenso quanto à tecnologia que prevalecerá na substituição do LCD em telas grandes, se o FED ou o OLED. Apesar de o FED apresentar vantagens sobre outras tecnologias, ainda há problemas a serem solucionados nos laboratórios de pesquisa em todo o mundo, como a sua durabilidade.

EPD

Os *displays* EPD são chamados *displays* não-emissivos, que usam esferas (*beads*) pretas e brancas com cargas opostas. Quando um campo magnético é aplicado ao *backplane*, as esferas de carga oposta são atraídas e vão ao fundo. As esferas de carga igual são repelidas e vão para o topo da tela, formando a imagem. Já utilizam essa tecnologia as empresas Si Pix e E Ink, esta última produzindo livros eletrônicos (*e-books*) no Japão, desde abril de 2004. A empresa Gyricon LLC, uma subsidiária da Xerox PARC, foi estabelecida para comercializar “papel eletrônico” fabricado com base em uma variação da tecnologia EPD descrita.

A maior vantagem dos *displays* EPD é a sua facilidade de impressão em várias superfícies e possibilidade de fabricação em grandes dimensões. Seu processo de produção não é considerado caro, os *displays* são finos e passíveis de aplicação em substratos flexíveis. Por outro lado, necessitam de altas voltagens para criar fortes campos magnéticos e têm tempo de resposta lento, não podendo ser utilizados para aplicações de vídeo.

Iniciativas no Mundo

Além das aplicações já mencionadas nas descrições das tecnologias, os investimentos em desenvolvimento de *displays* estão sendo realizados em empresas grandes, pequenas e nos institutos de pesquisa. São os *displays* OLED que têm recebido maior atenção mundial, embora outras tecnologias também sejam reconhecidas pelo seu alto potencial.

OLED

A Kodak tem a liderança em processos SMOLED juntamente com a Universal Display Corporation (UDC). Já a Cambridge Display Technology (CDT) tem participação relevante no desenvolvimento de processos PLED.

A Kodak foi pioneira no desenvolvimento de dispositivos SMOLED. Seu processo é licenciado para 16 empresas e ela possui um centro de desenvolvimento dedicado a *displays* em Rochester, nos EUA. Em março de 2003, lançou a primeira câmera digital com display de 2,2” em OLED de matriz ativa. Até 2005, a Kodak tinha

desenvolvido dez modelos para produção, havendo mais dois modelos em desenvolvimento.

A UDC realizou o desenvolvimento de SMOLED baseado em eletrofosforescência (teoricamente 75% mais eficiente que o PLED, que usa fluorescência) e atualmente pesquisa *displays* flexíveis e transparentes, denominados *Flexible Organic Light Emitting Display* (FOLED) e *Transparent/top Organic Light Emitting Display* (TOLED). Sua tecnologia apresenta bom desempenho quanto à resolução e tempo de vida, sendo os equipamentos que desenvolveu para o processo comercializados sob licença pela Aixtron. A UDC tem parcerias de desenvolvimento com a Princeton University e com a University of Southern Califórnia; em equipamentos, com a Aixtron; na fabricação de *displays*, com a Motorola; e no fornecimento de insumos, com a PPG.

A CDT atua no desenvolvimento de PLED, tendo construído uma linha piloto em 1992 com um investimento de US\$ 30 milhões. São seus parceiros no processo de fabricação: DuPont, MED, Osram, Thomson, Epson-Seiko, Philips, Innoled e Delta; nos insumos (polímeros): Dow Chemical, Covion, Sumitomo Chemical e Bayer; e nos equipamentos: OTB, Ulvac, Spectra, Litrex, Toku e Schott. Seus *displays* fazem parte de diversos produtos no mercado como telefones celulares, MP3 *players*, barbeadores, entre outros.

A Tabela 13 apresenta algumas empresas que atuam na cadeia de suprimentos de OLED. Cabe observar que essa relação de empresas não pretende ser exaustiva.

Em todo o mundo, empresas como Philips, Pioneer, Samsung, Lightronix, Univision, RiTdisplay, Kodak, Casio, Dai Nippon, Delta, DuPont, Hewlett-Packard, LG.Philips, Motorola, Seiko Epson,

Tabela 13

CADEIA DE SUPRIMENTOS		EMPRESAS
Equipamentos	Cabeçotes de impressão	MicroFab, Spectra, Xaar, Xennia
	Impressoras	Litrex
	Linha de Produção	OTB, Ulvac, Aixtron
Processo	PLED	Cambridge Display Technology (CDT) e Sumitomo Chemical Co. Ltd.
	SMOLED	Universal Display Corporation (UDC) e Kodak
	Iluminação	Universal Display Corporation (UDC)
Polímeros		Cabot, Covion, Dow, HC Stark, Merck e Avecia
Substrato		Plastic Logic, Vitex e PPG

Fonte: Instituto Genius.

Sony, Toppan, Xerox e Sanyo também fabricam *displays* OLED. Em iluminação, Osram, Philips e Siemens estão estudando a implementação dessa tecnologia. Além das grandes empresas, pequenas empresas também ofertam seus *displays*, sendo o seu surgimento resultado de investimentos governamentais e de institutos de pesquisa.

Na Coréia, a Ness Display é uma empresa produtora de painéis fabricados com tecnologia SMOLED, fundada, em julho de 2000, por pesquisadores que haviam recebido incentivo do Laboratório Nacional de Pesquisa Coreano (*National Research Laboratory Program – NRLP*) para desenvolver *displays* OLED eletroluminescentes. Depois de sua fundação, a empresa recebeu investimentos de institutos de pesquisas e empresas privadas. A tecnologia da empresa foi reconhecida pelo governo sul-coreano, que investiu US\$ 1,3 milhão adicionais na Ness Display, em dezembro de 2000, com recursos de um fundo para a promoção do desenvolvimento da próxima geração de *displays*.

A Ness Display lançou sua primeira linha de produção piloto na Coréia, em 2002, e a sua primeira linha de produção em massa, em Cingapura, em 2004. A empresa detém mais de 100 patentes associadas diretamente e indiretamente à tecnologia OLED. Atualmente, seus esforços de pesquisa e desenvolvimento estão voltados aos *displays* de 1,8" com matriz ativa, *displays* transparentes e ao encapsulamento dos *displays* por meio de filmes finos. A Ness Display já possui *displays* coloridos com diagonais de 0,95" a 1,8", com 1,7 mm de espessura.

A Philips vendeu sua divisão de PLED para a OTB, que hoje é a maior empresa no mundo a fornecer equipamentos para fabricar esse tipo de *display*. A OTB é a única empresa que atua como fornecedora de equipamentos tanto para PLED quanto para SMOLED.

Algumas aplicações de OLED encontradas no mercado e os respectivos fornecedores desses *displays* são mostrados na Tabela 14, que não pretende ser exaustiva.

Em dezembro de 2001, a Kodak e a Sanyo fundaram a SKD Corporation (66% do capital pertence à Sanyo e 34%, à Kodak) com o objetivo de fabricar *displays* OLED de matriz ativa. Nesse empreendimento, a Sanyo fornece o substrato de vidro e a Kodak, os materiais orgânicos para a deposição e seu conhecimento no processo de fabricação de OLEDs. Desde outubro de 2002, a SKD é capaz de produzir OLEDs de matriz ativa coloridos.

A Hewlett-Packard tinha anunciado o lançamento de sua primeira linha de *displays* orgânicos para o final de 2005, assim como

Tabela 14

PRODUTO	SMOLED	PLED
Celulares (<i>display</i> secundário)	Pioneer, Samsung SDI, RiTdisplay, Univision	Philips
Celulares (<i>display</i> principal)	Samsung SDI, LG, RiTdisplay	
Som automotivo	Pioneer, Adeon, TDK	
MP3 Player	RiTdisplay, Teco, Univision, Samsung SDI, Pioneer	Delta Opto
Barbeadores		Philips
Equipamentos médicos e industriais		Osram
Personal Media Player	SK Display*, RiTdisplay	
PDA	Sony*, Samsung, IBM	
Câmera fotográfica	Kodak	
Cartões inteligentes (<i>Smart Cards</i>)		CDT

*Produtos com matriz ativa – AMOLED

Fonte: iSupply Corporation OLED H1 2005 e Wicht Technologie Consulting (WTC).

a Delta previu o lançamento de um *display* monocromático de matriz passiva 64 x 128. Ainda em 2006, a Osram deve lançar os primeiros produtos de iluminação com PLED e, no final deste ano, demonstrar um painel PLED quadrado de 12", com duração de 3 mil horas. A DuPont divulgou que terá *displays* PLED coloridos, em 2006, e *displays* flexíveis, em 2007.

O próximo passo de desenvolvimento do OLED está na sua aplicação em *displays* de grandes dimensões e no aumento de sua vida útil. Caso as previsões de desenvolvimento se comprovem, o OLED pode vir a substituir o LCD e chegar a preços competitivos em telas grandes. Até 2008, a Philips, a Seiko Epson e outros fabricantes pretendem começar a produção em massa de televisores com telas OLED.

Várias notícias relacionadas a novos processos de fabricação de *displays* estão sendo divulgadas nos jornais de tecnologia: em maio de 2005, a Motorola anunciou o desenvolvimento de um protótipo de *display* com cinco polegadas utilizando nanotubos de carbono na sua estrutura, chamado de Tela NanoEmissiva. Com essa tecnologia, a empresa calculava que poderia fabricar um televisor de 42" em larga escala com custo inferior a US\$ 400, tela colorida, alta definição e um pouco mais de dois centímetros de espessura.

Na outra ponta tecnológica, os tradicionais LCD e plasma estão sendo produzidos em fábricas cada vez maiores e com menor custo de produção. O ganho de escala por meio da aquisição de empresas fabricantes e o estabelecimento de contratos de cooperação tecnológica entre empresas são uma tendência clara.

Outras Tecnologias

Os investimentos dos governos em nanotecnologia começam a gerar resultados e pequenas empresas têm surgido como resultado de pesquisas realizadas e patentes obtidas. A Applied Nanotech (EUA) começou a operar em outubro de 2000 com a finalidade de desenvolver e comercializar aplicações em nanotubos de carbono para indústrias eletrônicas, de telecomunicações e de sistemas médicos. Além disso, fabrica nanotubos para comunidades de pesquisa. Em março de 2004, a Applied Nanotechnologies, Inc. passou a se chamar Xintek, Inc..

A Xintek adquiriu licença de propriedade exclusiva para as tecnologias desenvolvidas por seu co-fundador, Dr. Otto Zhou, e seus colaboradores da Universidade da Carolina do Norte. A pesquisa do Dr. Zhou recebeu o apoio de agências federais, tais como o Departamento de Defesa, a NASA e a National Science Foundation.

A Xintek desenvolveu tecnologias nas áreas de síntese (criação), processamento e aplicações de material nanoestruturado nos campos de dispositivos de emissão de elétrons e de armazenamento de energia. As tecnologias são protegidas por, aproximadamente, vinte patentes dos EUA, entre pendentes e emitidas. Em *displays*, a empresa faz filmes de nanotubos de carbono padronizados, de acordo com o modelo de substrato (vidro, silicone, substratos metálicos etc.), com dimensões desde poucos milímetros até 10".

Um outro exemplo é a Ntera Ltd., fundada em 1997, que desenvolveu uma tecnologia em *displays* chamada NanoChromics™ Displays (NCD) e baseada em materiais nanoestruturados. Seu processo de fabricação é similar ao LCD, tornando possível a utilização das linhas de produção de LCD para fabricar também o NCD. Essa tecnologia usa um filme de óxido metálico nanoestruturado semicondutor com uma camada de moléculas eletrocromicas²⁰ (*viologens*).

O *display* NCD é acionado por meio da diferença de voltagem, tem baixo consumo de energia, boa visibilidade em diferentes condições de luz, contraste quatro vezes melhor que o LCD, é fino e leve (espessura inferior a 2 mm na maioria dos modelos) e pode ser aplicado a substratos flexíveis.

Os *displays* NCD são atualmente fabricados na Irlanda e em Taiwan. A tecnologia da Ntera está disponível comercialmente no mercado de *displays* de baixa resolução. Suas aplicações incluem avisos de informação a clientes, relógios, mostradores de instrumentos médicos etc. A empresa procura expandir seu mercado mediante a venda direta de produtos e a licença de sua tecnologia a fabricantes de LCD. Em *displays* de alta resolução – utilizados em *notebooks*, PDAs etc. –, a Ntera está desenvolvendo parcerias com grandes empresas como forma de viabilizar sua entrada no mercado.

²⁰São chamados materiais eletrocromicos aqueles que mudam sua cor quando uma corrente elétrica os atravessa.

A Ntera recebeu investimentos superiores a US\$ 30 milhões de investidores privados e fundos de capital de risco, desde sua criação. Seu foco original estava em expandir seu portfólio de pesquisa e propriedade intelectual por meio do desenvolvimento interno e aquisição de empresas. Agora, seu foco passou a ser a manufatura e o licenciamento de tecnologia, procurando maximizar o retorno do investimento.

No Brasil, o desenvolvimento na área de *displays* está concentrado nos institutos de pesquisa do governo e nas empresas brasileiras de eletrônica. O Instituto Genius, instituição de pesquisa criado pela Gradiente, e o Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA) notadamente têm participação nessa área. Há ainda poucas empresas de capital nacional na ponta final da cadeia de suprimentos, ou seja, montando monitores e televisores. Um exemplo é a Waytec, que tem parcerias com outras empresas como uma forma de viabilizar seu desenvolvimento tecnológico.

Iniciativas no Brasil

A Aegis (fabricante de semicondutores discretos), a Gradiente (fabricante de eletrônicos de consumo e celulares) e o Genius têm um projeto aprovado com a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) para desenvolver e treinar pesquisadores em *displays* OLED monocromáticos de duas polegadas.

Já o CenPRA, criado na época da Reserva de Mercado de Informática, é um centro de pesquisa e desenvolvimento do MCT. Esse centro realiza pesquisas na área de *displays* com tecnologias FED e OLED, além de possuir uma linha de produção piloto de LCD para estudos. Sua participação na pesquisa de *displays* é reconhecida em todo o mundo, com presença na Rede Ibero-americana de Mostradores de Cristal Líquido do Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED) e na formação da Rede Brasileira de Mostradores de Informação (BRDisplay). O CenPRA participa também de diversos encontros internacionais, como o *Society of Information Display* (SID).

O centro realiza pesquisas em colaboração com empresas multinacionais que investem na entidade recursos estipulados pela Lei de Informática. No caso do desenvolvimento de FEDs, o CenPRA também possui tecnologia proprietária, com várias patentes registradas, incluindo patentes fora do Brasil. O projeto de desenvolvimento de FEDs visa a produção de *displays* de até 50".

Baseada nas tecnologias desenvolvidas no CenPRA e da formação da rede de *displays*, já existem seis empresas formadas por *spin-offs*, com as quais o CenPRA pretende formar um arranjo produtivo. São elas: Optanica (OLED); Numina Nanotecnologia

(FED); Multividros (vidros especiais); Displaytec e LC Eletrônica (LCD); e BrDisplays (montagem e recondição de LCD de matriz ativa).

Conclusão

As novas tecnologias estão transformando o mercado de *displays*, especialmente a partir do surgimento do LCD. Este vem substituindo os LED nas pequenas dimensões, ameaçando o bem estabelecido CRT e viabilizando novos produtos importantes, como os *notebooks*.

Os *displays* de grandes dimensões, tipicamente produzidos na Ásia, estão invadindo o mercado de monitores e televisores mediante uma estratégia de diferenciação de produto – telas maiores, menores peso e volume, menor consumo de energia etc. – em contraposição aos aparelhos CRT, já bastante padronizados.

As firmas que produzem esses *displays* estão em processo de consolidação, em boa parte para fazer frente aos investimentos, cada vez maiores, que a busca pela ampliação do mercado impõe. Existe uma concorrência acirrada entre as líderes, que têm construído plantas produtivas de grandes escalas, integradas a seus principais fornecedores, como os de vidros. Os investimentos requeridos para quem quiser adentrar esse mercado, principalmente quanto à tecnologia e à fabricação, constituem barreiras à entrada poderosas.

Nos *displays* de dimensões pequenas também são encontradas, ao lado de aplicações em massa como celulares e câmeras, um grande número de aplicações em nichos, possibilitando a existência de vários ofertantes de menor porte. Nesse mercado de pequenas dimensões, o preço não é muito importante, até porque o peso do *display* na composição do custo final do bem não é tão expressivo. Constitui diferencial aqui o bom atendimento ao cliente.

As menores escalas de alguns bens finais, a proximidade do cliente e, muitas vezes, o desenvolvimento sob medida propiciam a existência de pequenas e médias empresas produtoras desse tipo de *display*, como é o caso das brasileiras AGT e Displaytec.

Muitas e novas tecnologias vêm sendo pesquisadas ao redor do mundo. Duas delas parecem concentrar as apostas: OLED e FED. O OLED já está sendo utilizado em *displays* de 2", havendo expectativas quanto à sua viabilidade para telas maiores. Isso simplificaria o processo produtivo dos *displays*, barateando o preço final, ao mesmo tempo, seriam usados materiais mais baratos na sua fabricação, como substratos de plástico. Já o FED seria adequado

para grandes dimensões, unindo a qualidade do CRT com a pequena profundidade das telas de plasma.

As duas tecnologias – OLED e FED – fazem uso de materiais e processos nanométricos, daí a importância dos trabalhos que vêm sendo conduzidos nesse sentido, no país, pelas redes de pesquisa estabelecidas pela PITCE e, em particular, pelo CenPRA e a rede BRDisplay. Esta última tem entre seus associados não somente pesquisadores, mas também empresários de materiais relacionados à produção de *displays* e *spin-offs*, que surgiram em função dos desenvolvimentos realizados.

O envolvimento dos governos na pesquisa da nanotecnologia aplicada a materiais para eletrônica é grande, tendo em vista os tamanhos dos mercados de componentes que podem vir a se beneficiar dos resultados alcançados. Naturalmente, também podem ser beneficiadas as empresas que irão explorá-los. Dessa forma, é imperativo o compromisso do Brasil com esse setor – nanotecnologia – e também com a sua indústria, de forma que haja uma apropriação nacional dos ganhos tecnológicos e econômicos dela decorrentes.

As estatísticas apresentadas ao longo deste trabalho apontam para uma ameaça futura à indústria brasileira de *displays* e também de televisores, na medida em que outras tecnologias começam a limitar o mercado dos *displays* CRT, únicos produzidos no país em escala. O comprometimento da Balança Comercial é um termômetro dessa ameaça, embora a substituição total do CRT no Brasil deva ocorrer somente a médio prazo, freada pelo baixo poder aquisitivo de boa parte da população. Todavia, o futuro traz também a oportunidade de re-ingresso no mercado de *displays* por meio das novas tecnologias que estão sendo pesquisadas, reforçando a importância dos investimentos em nanotecnologia.

De imediato, é possível viabilizar a entrada do país no circuito internacional dos novos investimentos em *displays*, na medida em que o Brasil desempenha um papel importante no contexto mundial de televisores, com cerca de 6% da demanda mundial de displays. Por outro lado, já foi mencionado que o mercado interno brasileiro possui dimensões próximas às do mercado japonês. Cabe lembrar que praticamente não existe produção desses aparelhos em toda a América Latina, o que poderia somar outro tanto de mercado adicional ao brasileiro.

O Brasil representa, também, um mercado significativo para os displays de pequenas dimensões, uma vez que responde, hoje, por 8% da produção mundial de terminais celulares. Além disso, o Brasil possui uma base industrial em outros setores produtivos

bastante completa e capaz de dar suporte à cadeia produtiva dos displays estudados.

Tudo isso deve ser levado em consideração no momento em que se negocia a adesão do Brasil a um padrão internacional de modulação para TV digital.

Os desafios são muitos e exigem coordenação de esforços na estruturação de uma Política Industrial para o setor eletrônico. Trata-se de construir, por meio dos componentes eletrônicos, a base de uma indústria ainda jovem no país e sem a qual a vida moderna não pode ser concebida.

Ação do BNDES

A produção industrial no país vem sendo tradicionalmente apoiada pelo BNDES, mediante mecanismos de financiamento e de capital de risco. A produção eletrônica, em particular, tem merecido por parte do Banco um tratamento prioritário.

Assim, são prioritários investimentos na produção de aparelhos – como televisores, monitores e celulares – e, também, com muito mais razão, de componentes eletrônicos que os integram, no caso os *displays*. São igualmente prioritários os investimentos na cadeia desses componentes, ou seja, na produção de materiais, peças e subconjuntos que os integram.

As novas Políticas Operacionais do BNDES, lançadas em fevereiro de 2006, privilegiam a inovação, em atividades de P&D e em produção. As condições destas linhas são muito favoráveis e visam ao estímulo da prática tecnológica nas empresas. Enquadram-se perfeitamente nesse caso os novos *displays* e seus insumos, para a realização de desenvolvimento pela indústria e a subsequente produção.

Por fim, sendo a fabricação de *displays* uma indústria mundial, é importante registrar a possibilidade de financiamento do BNDES também às exportações, por meio de suas linhas de pré e de pós-embarque.

Referências Bibliográficas

- ABRAMSON, Steven V. *PHOLEDs: a display technology today with an illuminating and flexible future*. Universal Display Corp., 2005.
- BELLIS, Mary. *History of television timeline*. About (<http://inventors.about.com>, acessado em 10 de janeiro de 2006).
- "Celular Cresce 20,6 Milhões e Tem Produção Recorde em 2005". Teleco, 10 de janeiro de 2006 (<http://www.teleco.com.br>, acessado em 16 de janeiro de 2006).
- "Competitive Manufacturing Cost Assessment Service. Teardoen Slice – Mobile Handset Displays". Isuppli, 2005 (<http://www.isuppli.com>, acessado em 10 de janeiro de 2006).
- "CRT Advantages and Disadvantages". DisplayMate Technologies Corporation (<http://www.displaymate.com>, acessado em 13 de janeiro de 2006).
- "Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia". Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia.
- "DisplaySearch: FPD Production Value to Exceed \$100 B in 08". Eletronic Engineering Times, 19 de janeiro de 2006 (<http://www.eetasia.com>, acessado em 11 de fevereiro de 2006).
- "DisplaySearch Releases 2006 OLED Technology Report, Forecasts OLED Revenue Over \$ 5.1 B in 2009". DisplaySearch, 08 de fevereiro de 2006 (<http://www.displaysearch.com>).
- "DisplaySearch Indicates Q4'5 LCD Desktop Monitors Rise 11% Q/Q Making 2005 the Biggest Year Ever in LCD Monitor Shipments". DisplaySearch, 20 de março de 2006 (<http://www.displaysearch.com>).
- "DisplaySearch Reports Flat Panel TVs and Microdisplay RPTVs Achieve Record Results Worldwide, Samsung #1 TV Brand on a Unit and Revenue Basis". DisplaySearch, 29 de novembro de 2005 (<http://www.displaysearch.com>).
- "DisplaySearch Reports PDP Module Shipments Rise 120% in Q4'05; Matsushita Reclaims the Top Spot as HD Panels Claim Majority Share". DisplaySearch, 07 de fevereiro de 2006 (<http://www.displaysearch.com>).
- "DisplaySeach Reports Q2'05 TFT LCD Shipments Accelerate, Revenues Remain Down But Strong Growth Expected in Q3'05". DisplaySearch, 1º de setembro de 2005 (<http://www.displaysearch.com>).
- "DisplaySearch Reports Small/Medium Display Revenue to Reach \$ 21 B in 2005". DisplaySearch, 09 de junho de 2005 (<http://www.displaysearch.com>).
- DOWELL, Jeff. Os Vários Tipos de *Display* e suas Diferenças. *Business Tech* (<http://www.btechonline.com.br>, acessado em 11 de janeiro de 2006).

“Evolução da TV”. CCE da Amazônia. (<http://www.cce.com.br>, acessado em 10 de janeiro de 2006).

“Fields of Beams”. *Science News*, 28 de maio de 2005, p. 342.

“Global TV Revenues Rise 13% in Q4’05 on Strong Flat Panel? HDTV Growth; Sony Back on Top”. DisplaySearch, 7 de março de 2006. (<http://www.displaysearch.com>)

IBGE. “Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD”. 2004. (<http://www.ibge.gov.br>)

IN KIM, Linsu; NELSON, Richard R.. *Tecnologia, aprendizado e inovação*. Campinas: Unicamp, 2005.

InvestNews, 1º de janeiro de 2006. (<http://www.investnews.net>)

VALOR ECONÔMICO (vários números).

LALL, Sanjaya. “A Mudança Tecnológica e a Industrialização nas Economias de Industrialização Recente da Ásia: Conquistas e Desafios”.

LATTA, John. DisplaySearch FPD 2005. Wave 0513, 1º de abril de 2005.

“LCD Advantages and Disadvantages”. DisplayMate Technologies Corporation. (<http://www.displaymate.com>, acessado em 13 de janeiro de 2006).

“LCD Monitor Market Reaches \$35 B in 2005. Industry Leaders to Discuss Upward Momentum at DisplaySearch US FDP Conference”. DisplaySearch, 30 de janeiro de 2006 (<http://www.displaysearch.com>).

“LG.Philips Overtakes Samsung in LCD sales”. EE Times, 19 de janeiro de 2006. (<http://www.isuppli.com>, acessado em 11 de janeiro de 2006).

“Liquid Crystal Display”. Wikipedia. (<http://en.wikipedia.org>, acessado em 11 de fevereiro de 2006).

MAMMANA, Alaíde P.; MAMMANA, Victor P.. “Desafios e Oportunidades em *Displays*: a Participação Brasileira”.

_____. “Packaging: a Key Technology for *Display* Innovation”. Invited Lecture, Proceedings of the International Technology Symposium on Packaging, Assembling and Testing, IMAPS-Brazil, Campinas, 2002, p.22-25.

MELO, Paulo R. S.; ROSA, Sergio E. S.. “O Segmento de Cinescópios no Brasil”. (<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/cinescop.pdf>).

MELO, Paulo; RIOS, Evaristo; GUTIERREZ, Regina. "TV Digital: Desafio ou Oportunidade". Rio de Janeiro: BNDES, novembro 2000.

MOREIRA, Daniela. "2006, o Ano que Venderemos 6 milhões de Computadores". *IDG Now*, 11 de outubro de 2005, <http://www.idg-now.com.br>

NARANJO, David. "The Global Television Market". DisplaySearch, 2005. (<http://www.displaysearch.com> acessado em 6 de fevereiro de 2006).

"O Mundo dos *Displays*" – Terminais Celulares: Displays – Tutoriais Telefonia Celular. Teleco. (<http://www.teleco.com.br> acessado em 6 de janeiro de 2006).

PATEL, Riddhi. "Television Systems Market Tracker". Isuppli, 2005. (<http://www.isuppli.com> acessado em 10 de janeiro de 2006).

"Printed and Organic Eletronics; IC, Antenna, and OLED Opportunities in *Displays*, RFID, Photovoltaics, and Batteries". ABI Research, 2005.

"Samsung ang LG.Philips Start New LCD Production". Reuters, 1º de janeiro de 2006. (<http://www.reuters.com> acessado em 10 de fevereiro de 2006).

SHILOV, Anton. "LCDs to Account for 80% of PC Monitor Market" – Research. Xbit Laboratories, 11 de janeiro de 2006. (<http://www.xbitlabs.com>, acessado em 24 de janeiro de 2006).

"Size Matters But Yied Kills". Jeffrey A. Hawthorne, Photon Dynamics, 2005.

"TV Digital: Ministro se diz satisfeito com proposta japonesa". TI Inside, 3 de fevereiro de 2006. (<http://tiinside.com.br>, acessado em 17 de março de 2006)

SONEIRA, Raymond. "A evolução dos *displays* digitais". *Business Tech* (<http://www.btechonline.com.br> acessado em 11 de janeiro de 2006).

_____. "Display Technology Shoot-Out – Comparing CRT, LCD, Plasma and DLP Displays". DisplayMate Technologies Corporation. (<http://www.displaymate.com> acessado em 12 de janeiro de 2006).

SULAT, Christine V. "Corning Plans LCD Plant in China". Isuppli, 02 de fevereiro de 2006. (<http://www.isuppli.com> acessado em 11 de fevereiro de 2006).

"Television History – The First 75 Years". (<http://www.tvhistory.tv> acessado em 9 de janeiro de 2006).

“A Strong Fourth Quarter Sends Worldwide Mobile Phone Shipments over 800 Million Units for 2005, according to IDC.” IDC – Press Release, 26 de janeiro de 2006.

“TFT LCD”. Wikipedia. (<http://en.wikipedia.org>, acessado em 11 de fevereiro de 2006).

WILLIAMS, Martyn. “2006: Year of the LVD TV?”. IDG News Service, 10 de janeiro de 2006. (<http://www.isuppli.com>, acessado em 11 de fevereiro de 2006).

http://geocities.yahoo.com.br/silvioaula/Aula_17/aula_17.html.

<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?17610562>

<http://www.sentidos.com.br/canais/matérias.asp?codpag=970&codtipo=1&subcat=28&canal=visão>.

Sites Consultados:

<http://www.americanas.com.br>

<http://www.submarino.com.br>

<http://www.bondfaro.com.br>